

Estudo e implementação de metodologia de abastecimento de materiais à área de produção

Carla Alexandra Lordelo Marques

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2018-07-18

“Intelligence is the ability to adapt to change”

Stephen Hawking

Resumo

O presente projeto de dissertação foi realizado numa empresa fornecedora da indústria automóvel com o objetivo de aumentar a eficiência operacional do abastecimento de materiais à área de produção.

De forma a acompanhar o elevado crescimento da procura que a Kathrein registou nos últimos anos, os seus processos produtivos sofreram diversas alterações com o intuito de conseguir acompanhar este mesmo crescimento. Assim, das várias mudanças que a fábrica tem vindo a ser sujeita foi proposto o desenvolvimento de um sistema de abastecimento adequado a esta nova realidade.

Foi necessário numa fase inicial efetuar o mapeamento dos processos e analisar todo o fluxo de materiais, desde o armazém até às linhas de produção. Foram detetados diversos problemas, nomeadamente a falta de organização, falta de rotatividade de funções entre operadores, as deslocações excessivas do operador logístico de abastecimento e as deslocações do operador de linha ao armazém.

Procedeu-se à recolha de dados e à observação sistemática do funcionamento global e dos processos em particular. Como apoio ao estudo foi utilizada a ferramenta de diagrama de Spaghetti, identificando todos os desperdícios que englobam o abastecimento de materiais.

No âmbito do projeto foram desenvolvidas medidas de melhoria que foram, na maioria, implementadas.

Com a melhoria do processo de abastecimento, são expectáveis melhorias significativas ao nível do modo de abastecimento de materiais, providenciando uma melhor organização de todo o processo, permitindo uma redução do desperdício relativo às deslocações efetuadas.

Study and implementation of methodology of supply of materials to the production area

Abstract

The present dissertation project was carried out in an automobile industry supplier with the objective of increasing the operational efficiency of the supply of materials to the production area.

In order to keep pace with Kathrein's high growth in demand in recent years, the production processes have undergone several changes. Thus, of the various changes that the factory has been subject to, it was proposed the development of a system of supply adequate to this new reality. It was necessary at an early stage to map the processes and analyze the entire flow of materials, from the warehouse to the production lines.

A number of problems have been identified, including lack of organization, lack of rotation of functions between operators, excessive movements of the logistical supply operator and movements of the line operator to the warehouse. Data were collected and systematic observation of the overall functioning and processes in particular. To support the study, the Spaghetti diagram tool was used, identifying all wastes that include the supply of materials.

During the project several improvement measures have been developed and implemented.

With the improvement of the supply process, significant improvements are expected in the mode of supply of materials, providing a better organization of the whole process, allowing a reduction of the waste related to the displacements made.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me ter proporcionado uma formação sólida e preparação para o futuro, concedendo-me a honra de envergar o título de Engenheira.

Gostaria de agradecer, à *Kathrein Automotive* Portugal, pela oportunidade e condições proporcionadas para o desenvolvimento deste projeto de dissertação.

Ao meu orientador por parte da empresa, Eng. Filipe Silva, pela sua orientação, transmissão de conhecimentos e apoio durante todo o decorrer do projeto, bem como pela constante confiança demonstrada e crença no sucesso do mesmo.

Não poderia deixar de agradecer à fantástica equipa do SMT por toda a integração proporcionada: ao Rui Gomes, ao Javier Rocha, ao Ricardo, ao Simon, ao Carlos, ao André à Xana, à Carla, ao Tiago, à Goreti, à Alzira e à Rosa, obrigada pela motivação, companheirismo e ajuda. Nunca teria sido uma experiência tão gratificante sem vocês.

Ao meu orientador da FEUP, o Professor Eduardo Gil da Costa, obrigada pelo acompanhamento, disponibilidade e preocupação constantes.

Embora nunca lhes consiga agradecer verdadeiramente, muito obrigada aos meus pais, por serem os pilares de tudo o que consigo alcançar, nesta e em todas as etapas, e por representarem os melhores modelos a seguir.

Obviamente um enorme obrigada à minha irmã, que é a maior motivação para me tornar num orgulho tão grande como o que ela representa para mim.

Ao Gabi, obrigada pela paciência, pela força transmitida, por todo o carinho demonstrado e por fazeres com que as semanas parecessem mais pequenas e acabassem da melhor forma.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos, por serem o apoio nos momentos difíceis e os companheiros em todos os outros.

Índice de Conteúdos

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introdução..... | 1 |
| 1.1 | Enquadramento do Projeto e Motivação | 1 |
| 1.2 | Apresentação da Empresa | 1 |
| 1.3 | Objetivos do Projeto..... | 5 |
| 1.4 | Método Seguido no Projeto | 5 |
| 1.5 | Estrutura do Projeto de Dissertação..... | 7 |
| 2 | Enquadramento Teórico..... | 8 |
| 2.1 | A Origem do Lean Manufacturing | 8 |
| 2.2 | Princípios do <i>Lean Thinking</i> | 10 |
| 2.3 | Os 7 desperdícios | 11 |
| 2.4 | Metodologias, técnicas e ferramentas <i>lean</i> | 14 |
| 2.4.1 | Metodologia 5S | 14 |
| 2.4.2 | <i>Layouts</i> de Produção..... | 16 |
| 2.4.3 | Sistema <i>Kanban</i> | 17 |
| 2.4.4 | Diagrama de <i>Spaghetti</i> | 19 |
| 2.4.5 | Análise ABC..... | 19 |
| 2.4.6 | <i>Six Sigma</i> e DMAIC..... | 20 |
| 2.4.7 | SMED | 21 |
| 3 | Caracterização do Problema | 24 |
| 3.1 | Descrição Geral do Processo Produtivo..... | 24 |
| 3.2 | Setor SMT | 27 |
| 3.3 | Metodologia de Abastecimento de Materiais à Produção (SMT) | 29 |
| 3.3.1 | Áreas que intervêm no abastecimento de materiais | 30 |
| 3.3.2 | Fluxo de Informação..... | 31 |
| 3.3.3 | Fluxo de materiais | 31 |
| 3.3.4 | Descrição de todos os processos intervenientes..... | 33 |
| 3.3.5 | Síntese Final de Problemas/Oportunidades de Melhoria Encontrados..... | 37 |
| 4 | Apresentação das Soluções Propostas e Implementadas..... | 38 |
| 4.1 | 1º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada | 38 |
| 4.2 | 2º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada | 38 |
| 4.3 | 3º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada | 39 |
| 4.4 | 4º e 5º Problemas/Oportunidade de Melhoria Identificada | 40 |
| 4.5 | Resultados | 42 |
| 5 | Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro | 45 |
| | Referências..... | 47 |
| | ANEXO A: Fotografias | 49 |
| | ANEXO B: Análise e Comparação de Tempos | 53 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Evolução cronológica a nível tecnológico do Grupo. | 2 |
| Figura 2: Localização a nível mundial. Fonte: | 3 |
| Figura 3: Principais clientes da <i>Kathrein Automotive Portugal</i> | 5 |
| Figura 4: Metodologia seguida no projeto de dissertação. | 6 |
| Figura 5: Estrutura do Projeto de Dissertação em Ambiente Empresarial. | 7 |
| Figura 6: Conceitos TPS. Fonte: Takami (2014). | 9 |
| Figura 7: Problemas associados ao excesso de inventário. Fonte: Suzuki (2010). | 13 |
| Figura 8: 5S. | 16 |
| Figura 9: Diferentes tipos de organização de <i>layouts</i> produtivos em função do tipo de produto e do seu volume de produção. Fonte: Jacobs e Chase (2014). | 17 |
| Figura 10: Funcionamento do sistema <i>kanban</i> | 18 |
| Figura 11: Curva ABC. Fonte: Nogueira (2007). | 20 |
| Figura 12: Fases de implementação da metodologia SMED. Fonte: Lopes et al, (2006). | 22 |
| Figura 13: Implantação geral do processo produtivo. | 24 |
| Figura 14: Fluxograma do Processo Produtivo Geral. | 27 |
| Figura 15: Linhas de produção SMT. | 28 |
| Figura 16: Linha 3. | 29 |
| Figura 17: Processo logístico. | 29 |
| Figura 18: Áreas integrantes do processo de abastecimento. | 30 |
| Figura 19: Etapas precedentes à ordem de produção. | 33 |
| Figura 20: Diagrama de Spaghetti das movimentações do operador responsável pelo abastecimento das linhas de produção durante um dia de trabalho. | 37 |
| Figura 21: Componentes sem gestão visual. | 39 |
| Figura 22: Componentes com gestão visual. | 39 |
| Figura 23: Componentes com gestão visual. | 39 |
| Figura 24: Carro de <i>picking</i> antigo. | 40 |
| Figura 25: Carro de <i>picking</i> recente. | 40 |
| Figura 26: Etapas precedentes à ordem de produção depois da aquisição dos novos carros. ... | 41 |
| Figura 27: Diagrama de Spaghetti com 9 etapas. | 42 |
| Figura 28: Diagrama de Spaghetti com 6 etapas. | 43 |
| Figura 29: Componentes organizados por estantes no armazém. | 49 |
| Figura 30: Componentes organizados por secções no armazém. | 49 |
| Figura 31: Componentes dispostos no talho. | 50 |
| Figura 32: Componentes retornados para o talho identificados. | 50 |
| Figura 33: Componentes organizados por famílias e referências na rampa. | 51 |
| Figura 34: Rampa. | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 35: Empilhamento de componentes devido à falta de espaço. | 52 |
| Figura 36: Mistura de componentes de referências diferentes devido à falta de espaço. | 52 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Produtos produzidos pela <i>Kathrein Automotive</i> Portugal..... | 4 |
| Tabela 2: Etapas dos 5S. | 15 |
| Tabela 3: Tipos de <i>layouts</i> de produção. Fonte: Jacobs e Chase (2014). | 16 |
| Tabela 4: Setores da área produtiva. | 25 |
| Tabela 5: Ilustração de uma <i>magazine, nutzen</i> e PCB. | 26 |
| Tabela 6: Cronometragem das etapas do estudo elaborado. | 36 |
| Tabela 7: Problemas/oportunidades de melhoria encontradas. | 37 |
| Tabela 8: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 707..... | 43 |
| Tabela 9: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 707. | 44 |
| Tabela 10: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 968..... | 53 |
| Tabela 11: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 968. | 53 |
| Tabela 12: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 1569..... | 54 |
| Tabela 13: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 1569. | 54 |
| Tabela 14: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 1055..... | 55 |
| Tabela 15: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 1055. | 55 |

1 Introdução

Este documento tem o propósito de expor um projeto de dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). O actual trabalho de investigação foi realizado em ambiente industrial, numa empresa do ramo da eletrónica automóvel, e tem como principal objetivo a redução dos tempos de abastecimento de materiais à área da produção e, consequentemente, a redução dos tempos de setup com a aplicação de práticas Lean.

Neste capítulo é realizada uma breve introdução ao problema, quais os objetivos e resultados esperados, e as razões que levaram a organização a optar por técnicas *Lean* em busca de soluções.

1.1 Enquadramento do Projeto e Motivação

Com a crescente competitividade do mercado, urge a necessidade das organizações adotarem práticas e estratégias para se tornarem cada vez mais aptas e competitivas. A presente investigação surgiu com base nesta necessidade, pretendendo-se demonstrar a importância e o impacto do pensamento *Lean* em processos produtivos, e consequentemente, no desempenho das organizações. De forma sucinta, a melhoria de processos é obtida através da redução/eliminação de desperdícios num processo de fabrico. Os desperdícios podem ser de diferentes naturezas, mas todos têm em comum o facto de não acrescentarem valor ao produto final. Assim, é possível converter-se os desperdícios em ganhos para a empresa ou através de um aumento de produção, mantendo os recursos utilizados ou pela diminuição da utilização de recursos, mantendo a produção.

Atualmente, o centro de produção da *Kathrein Automotive* em Vila Real labora num regime 24/24 horas com um total de 60 linhas de produção. O setor *Surface-Mount Technology* (SMT) possui 3 linhas de produção sendo que a 3ª linha foi implementada nos últimos anos, e assim considerada a mais recente do setor.

O objetivo primordial deste projeto consiste em melhorar e aumentar o desempenho do sistema produtivo do setor SMT, reduzindo o tempo de abastecimento de materiais às linhas de produção e, como tal, o aumento de produtividade e das receitas associadas.

1.2 Apresentação da Empresa

O grupo *Kathrein Automotive* foi fundado por Anton Kathrein em Rosenheim, na Alemanha, em 1919. As primeiras atividades da *Kathrein* na área dos sistemas de antenas para automóveis datam da década de 1930 e, desde então, a empresa tem vindo a desempenhar um papel decisivo na evolução do mercado dos sistemas de antenas para automóveis através de uma série de inovações técnicas. A Figura 1 mostra a evolução cronológica a nível tecnológico do Grupo.

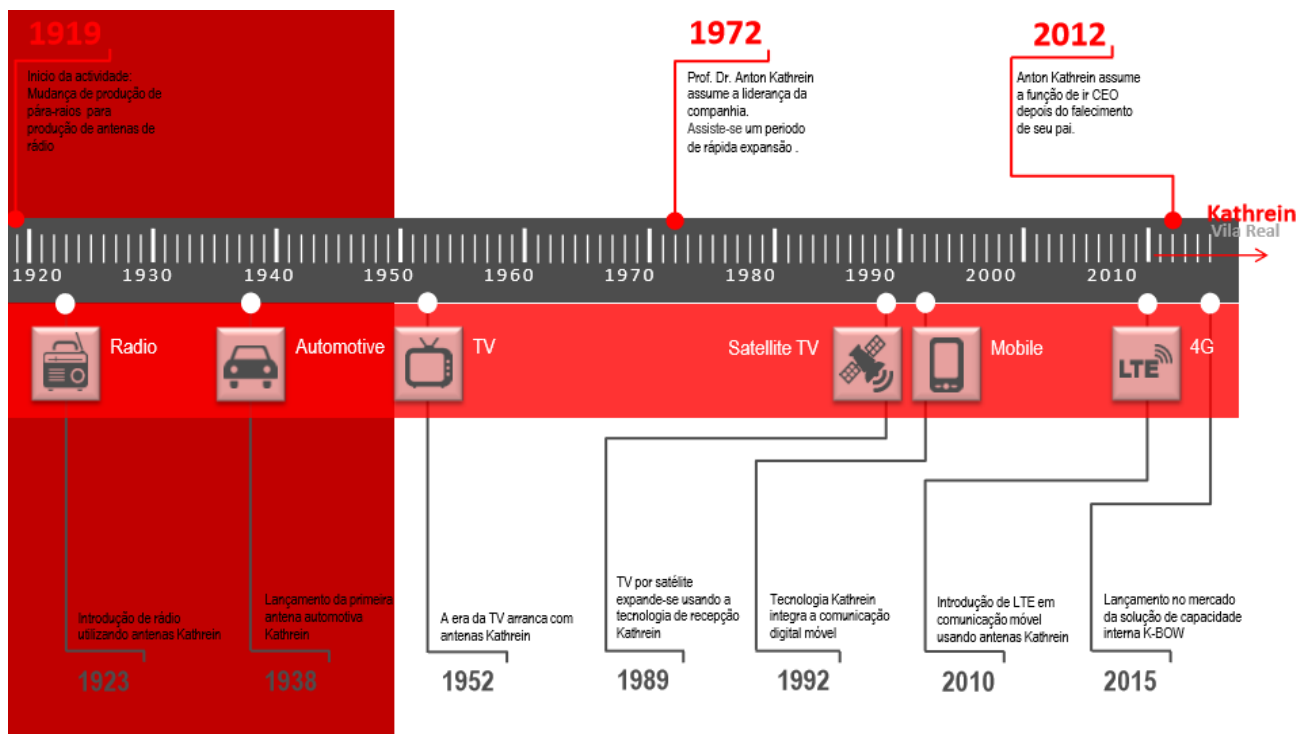


Figura 1: Evolução cronológica a nível tecnológico do Grupo.

Em 2010 os Grupos *Blaupunkt Antenna Systems* e *Olimpus Automotive* de São Paulo, Brasil, foram adquiridos e integrados por parte da *Kathrein Automotive*, demonstrando assim o forte compromisso no mercado de antenas de automóveis.

Toda a atividade de antenas da *Kathrein Automotive* é dirigida a partir de Rosenheim e Hildesheim, na Alemanha, com base numa equipa reduzida, mas robusta, de especialistas em engenharia, vendas e compras, bem como atividades globais do negócio.

A Kathrein Automotive Portugal, unidade de produção localizada em Vila Real foi fundada em 2010, garantindo um acesso logisticamente favorável à zona euro com uma produção atrativa do ponto de vista dos padrões europeus.

O grupo conta com mais duas fábricas alemãs, que contribuem para uma presença local com competências de engenharia alemã e um alto nível de automação. Uma fábrica na China, que serve o mercado local asiático ao mesmo tempo que fornece os mercados globais com produtos de alta qualidade e uma posição no mercado bastante competitiva. Já a unidade de produção do Brasil é líder no mercado Sul-Americano de antenas automóveis, fornecendo uma vasta gama de produtos. Mais recentemente, em 2015, alargaram a sua produção, instalando uma fábrica no México. (Figura 2)







Figura 2: Localização a nível mundial. Fonte:

O modelo de negócio da *Kathrein* oferece uma gama completa de antenas ao nível de funções técnicas e especificações, qualidade/preço, bem como um leque alargado para atender às necessidades de uma indústria automóvel global. Este grupo conta com uma faturação na ordem dos 1500M de euros e que conta com mais de 8500 colaboradores em todo o Mundo.

Kathrein Automotive Portugal

A *Kathrein Automotive Portugal* tem como atividade principal a produção de sistemas de antenas para automóveis. A empresa apresenta um leque variado de produtos de acordo com as especificidades de cada cliente. Com vista a uma constante evolução do crescimento, a empresa está sempre recetiva a criar novas soluções e a aumentar o seu catálogo de produtos (Tabela 1).

Tabela 1: Produtos produzidos pela *Kathrein Automotive* Portugal.

| Produtos | Especificações | Serviços |
|--|--|---|
| <p>Antena de interior/vidro</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de multifunções - <i>Layout</i> da estrutura do vidro - Módulos amplificadores | <ul style="list-style-type: none"> - Rádio - <i>Radio-Diversity</i> (Fase e comutação diversity) - TV (digital e analógica) - Rádio digital (DAB/DMB) - Comando remoto |
| <p>Antena de interior/ estrutura</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de multifunções - Incorporadas no interior do carro | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Radio-Diversity</i> (Fase e comutação diversity) - TV (digital e analógica) - Rádio digital (DAB/DMB) - Comando remoto - Telefone (AMPS, GSM, E-GSM, 3G, LTE) - GPS, Galileu, Glonass - Rádio por satélite (SDARS) |
| <p>Antena Rabo Tubarão</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Tejadilho - Preto ou colorido | <ul style="list-style-type: none"> - Telefone (AMPS, GSM, E-GSM, 3G, LTE) - GPS, Galileu, Glonass - Rádio por satélite (SDARS) - Teletstart / Comando à distância |
| <p>Antena com haste</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Tejadilho - Haste de 200, 280 ou 400 mm | <ul style="list-style-type: none"> - Rádio - Rádio digital (DAB/DMB) - TV (digital e analógica) - Telefone (AMPS, GSM, E-GSM, 3G, LTE) - Rádio por satélite (SDARS) - GPS, Galileu, Glonass |

O facto de a apresenta fabricar um leque variado de produtos tem a ver com a quantidade de clientes (Figura 3).



Figura 3: Principais clientes da Kathrein Automotive Portugal.

1.3 Objetivos do Projeto

O objetivo primordial do presente projeto de dissertação consiste na melhoria e aumento do desempenho do sistema de abastecimento do setor de Tecnologia de Montagem Superficial (SMT – *Surface Mount Technology*) onde são produzidas as placas de circuito impresso (PCB - *Printed Circuit Board*)) através da aplicação de ferramentas e metodologias *Lean*, como por exemplo o melhoramento ou reestruturação de processos e o desenvolvimento de competências dos recursos humanos.

1.4 Método Seguido no Projeto

Este projeto dividiu-se em sete etapas que foram previamente delineadas em colaboração com a empresa (Figura 4):

1. Adaptação ao ambiente industrial: nesta fase pretende-se adquirir conhecimentos gerais do funcionamento de toda a organização, dos seus processos e tudo o que os engloba;
2. Medição e monitorização dos processos: aqui deverão ser concretizadas medições e apontamentos de indícios que irão ser a sustentação do estudo;
3. Identificação dos pontos críticos: os dados recolhidos deverão ser analisados e estudados para um melhor reconhecimento de problemas e pontos críticos que poderão ser alterados em situações de melhoria;
4. Planeamento de ações de melhoria: depois de se ter identificado as situações problemáticas, deve-se traçar um plano de ações corretivas de modo a combater o potencial desperdício, isto é, tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto.
5. Implementação de soluções *Lean*: o plano delineado anteriormente deverá ser implementado com a aplicação de ferramentas *Lean*;
6. Análise e estudo do impacto das soluções adotadas: é necessário verificar e estudar o impacto do plano levado a cabo inicialmente, de modo a garantir que os resultados obtidos vão de encontro aos objetivos traçados. Em situação de desvio dever-se-á rever o plano e alterar aquilo que se considerar necessário, voltando à etapa 3;
7. Normalização e formação: assim que os resultados forem satisfatórios, dever-se-á normalizar e garantir que as boas práticas sejam compreendidas e aplicadas por todos.

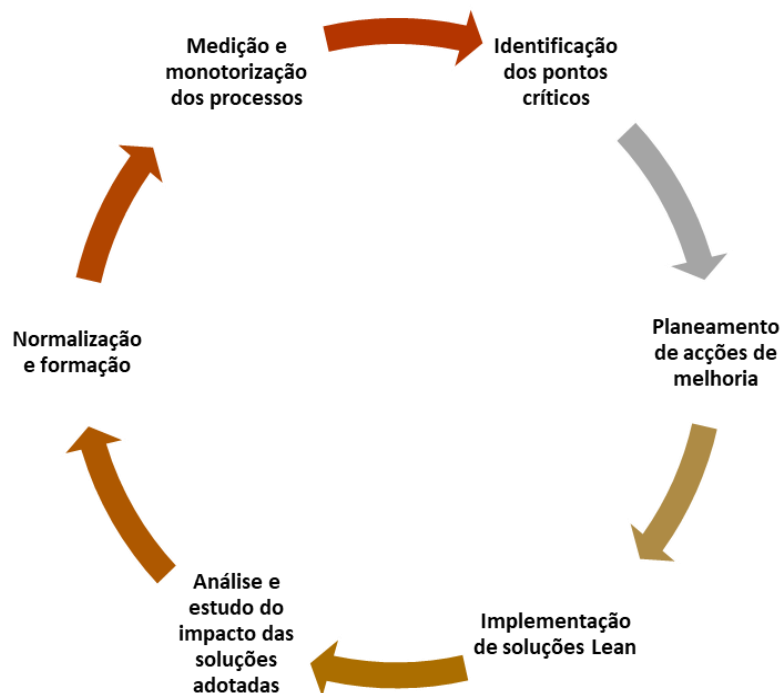


Figura 4: Metodologia seguida no projeto de dissertação.

1.5 Estrutura do Projeto de Dissertação

Este documento encontra-se estruturado em 5 capítulos cujos conteúdos são expostos na Figura 5.

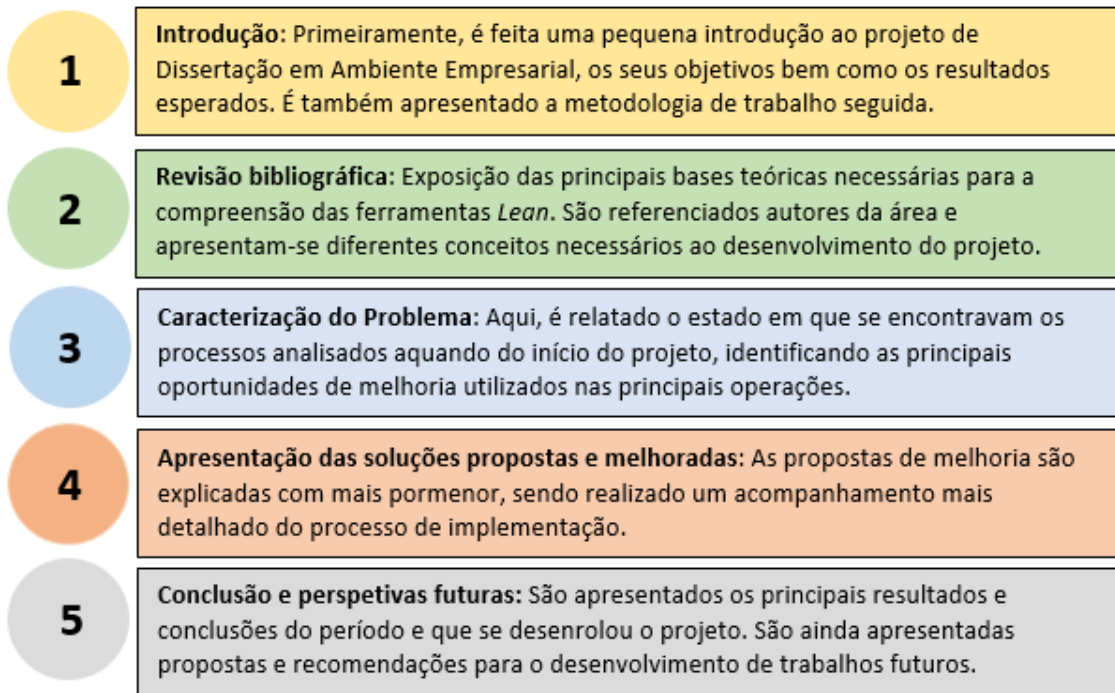


Figura 5: Estrutura do Projeto de Dissertação em Ambiente Empresarial.

2 Enquadramento Teórico

Este capítulo apresenta a sustentação teórica necessária para o desenvolvimento do projeto. É inevitável que esta exposição se inicie pela apresentação do *Toyota Production System* (TPS), uma vez, que foi na Toyota que a filosofia *Lean* nasceu e se desenvolveu. Além disto, são expostos os 7 tipos de desperdício e vários princípios e metodologias que têm como objetivo reduzir o desperdício.

2.1 A Origem do Lean Manufacturing

O conceito de *Lean Manufacturing* (Produção Magra), como conceito de liderança e gestão empresarial, foi criado por James Womack e Daniel Jones em 1990, tendo por base a filosofia do *Toyota Production System* (TPS) que teve origem no Japão, na *Toyota Motors Company* (TMC), após a Segunda Guerra Mundial. Taichi Ohno, que ocupava o cargo de engenheiro na *Toyota Motors Company*, desenvolveu este sistema, tendo mais tarde o contributo de Shigeo Shingo. O Sistema Toyota de Produção (TPS) foi desenvolvido ao longo de décadas, através de tentativa e erro (Fujimoto, 1999). Ohno definiu a filosofia do TPS como o aumento de produtividade pela redução de custos através da eliminação de todas as funções não necessárias, eliminando tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto final.

De acordo com Nambiar (2010), os principais conceitos do TPS são:

- Diminuição de custos eliminando todos os desperdícios;
- Eliminação da sobreprodução pela redução de inventário;
- Redução de tempos de *setup* para que se possa utilizar lotes mais pequenos e diminuir o ciclo de produção;
- Produção apenas do que é encomendado.

De acordo com Takami (2014), os fundamentos da produção são vitais, especialmente quando existem mudanças drásticas. A base para a inovação na produção da Toyota é o *Toyota Production System* (TPS), que foi transmitido ao longo dos anos e deveria ser definido como o *DNA* da Toyota. A Figura 6 pretende explicar este sistema de produção que assenta em dois grandes pilares: o *Just-in-Time* (JIT) e a Automação (*Jidoka*).

O primeiro pilar significa produzir apenas o que é necessário, no momento e na quantidade pretendidos. A ideia para isso foi concebida por Kichiro Toyoda, o fundador da *Toyota Motor Corporation*, numa viagem de negócios aos Estados Unidos depois de observar um sistema de *stock* num supermercado.

O segundo pilar tem o sentido de automação com interferência humana e corresponde à capacidade facultada aos equipamentos ou operadores para interromper a produção sempre que ocorre uma anomalia, impedindo que sejam produzidos erros em série (Ohno, 1988). As raízes do conceito *Jidoka* foram implementadas também por Sakichi Toyoda, por ter

inventado um tear automático, que pararia automaticamente quando um fio quebrasse. (Takami, 2014)

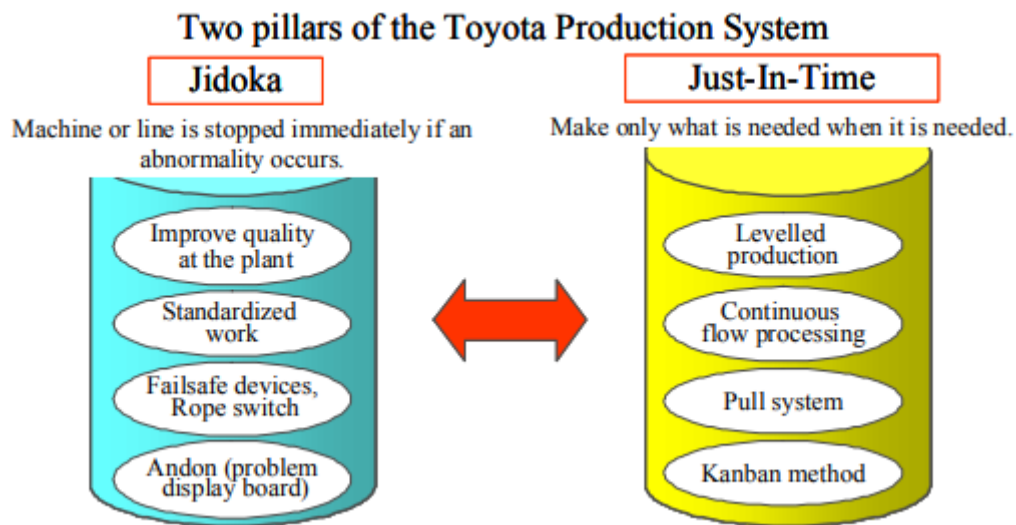


Figura 6: Conceitos TPS. Fonte: Takami (2014)

Estes pilares surgiram devido à necessidade de melhorar o sistema de produção e os produtos, pois estes apresentavam baixa qualidade e a Toyota não estava a conseguir acompanhar as empresas europeias e norte-americanas que nessa altura lideravam os mercados e possuíam recursos que a Toyota não possuía. O Japão passou a ter menos recursos naturais, pelo que tinha de importar as matérias-primas a um custo elevado, e com a crise económica vivida no país, os salários dos trabalhadores baixaram e a procura diminuiu. Após a rutura da economia japonesa, as empresas automóveis japonesas viram-se obrigadas a sobreviver num mercado de recessão, com capital limitado para financiamentos e/ou investimentos, com uma procura cada vez mais decrescente e com poucas alternativas para reestruturações (Womack et al, 1990; Drew et al, 2004).

Apesar de todas estas técnicas e metodologias serem públicas e estarem bem estudadas e documentadas, muitas das organizações que tentaram aplicar este sistema obtiveram resultados muito aquém dos da Toyota. Segundo Spear e Bowen (1999), uma causa possível para esses maus resultados poderá dever-se ao facto de as organizações “confundirem as ferramentas e as práticas com o próprio sistema em si”. O sucesso da Toyota deve-se sobretudo à sua capacidade de cultivar liderança, trabalho em equipa, e na sua constante motivação e formação dos seus colaboradores.

Hoje em dia, os clientes procuram produtos cada vez mais personalizados e de melhor qualidade. Assim, segundo Holweg e Pil (2005), a cadeia de valor baseada no modelo de produção em massa não é capaz de responder à crescente competitividade do mercado quando se lida com elevadas variações potenciais de produtos. A necessidade constante de adaptação ao mercado exige que se perceba e antecipe as necessidades e desejos dos consumidores e que se aceite que estes variam de cliente para cliente. Desta forma, o sistema de produção industrial tem inevitavelmente que produzir lotes com maior variedade e em menor quantidade, sendo este o motivo pelo qual o Sistema de Produção da Toyota foi estudado, desenvolvido e extrapolado para diferentes indústrias.

2.2 Princípios do *Lean Thinking*

O termo *Lean Thinking* surgiu através da evolução do *Lean Manufacturing* e da introdução de novos conceitos desenvolvidos durante a década de 90 (Womack e Jones, 1996).

Esta filosofia assenta em cinco princípios fundamentais, que devem ser seguidos passo a passo de modo a obter o máximo benefício:

- **Identificação de Valor**

De acordo com Wyrwicka e Mrugalska (2017), valor apenas pode ser definido pelo próprio cliente, através das suas necessidades, indicando o valor de cada atividade que geram valor até ao produto final. Não é a empresa que define o que é valor, mas sim o cliente. Não adianta fazer algo tecnicamente perfeito se é algo que o cliente não deseja.

- **Identificação da Cadeia de Valor**

Segundo Womack et al (1990), a cadeia de valor ou fluxo de valor são o conjunto de todas as atividades e/ou processos realizados por uma organização desde o fornecedor até ao cliente final. Existem três tipos de atividade:

1. Atividades que efetivamente criam valor;
2. Processos que não acrescentam valor mas que são inevitáveis, por exemplo atividades relacionadas com a manutenção e com a qualidade;
3. Processos que não acrescentam valor e não são necessárias, são consideradas desperdício e devem ser eliminados o mais rapidamente possível.

- **Criação de Fluxo**

O objetivo deste princípio é o de tomar a cadeia de valor o mais fluida possível, fazendo com que as atividades que acrescentam valor fluam de forma contínua. O foco tem que estar no processo e não no produto final. A criação de um fluxo contínuo entre atividades ou processos tem como objetivo eliminar os desperdícios causados pelos tempos de espera e pelas desnecessárias acumulações de *stock*. No entanto, o fluxo nunca será otimizado até que o valor do cliente seja especificado e o fluxo de valor seja identificado (Wyrwicka e Mrugalska, 2017). De acordo com Womack et al (1990), para este fluxo funcionar é necessário que todos os colaboradores que intervêm na cadeia de valor se encontrem “articulados” entre si.

- **Planeamento Pull**

Segundo Jacobs et al (2009), no planeamento *pull* (puxar) deverá ser o cliente o responsável pelo lançamento de novas ordens de produção, evitando assim, a acumulação excessiva de *stock*. Produzir apenas o que a procura pede, no momento exato e na quantidade certa. A ideia é reduzir a produção desnecessária, e usar a ferramenta “*Just-in-Time*”. Na teoria, sempre que um produto é “consumido” pelo cliente, o sistema aciona um novo pedido para a respetiva linha de produção.

Por outro lado, no planeamento *push* (empurrar), as organizações “empurram” os seus produtos até ao cliente final, num sistema *pull* o controlo do fluxo produtivo é invertido, o que permite eliminar acumulações de *stock* ao longo da cadeia de valor.

O sistema *pull* tem várias vantagens em relação ao tradicional sistema de planeamento *push* (Jacobs et al, 2005):

- Menor dependência de inventários;
 - Produção em pequenos lotes – redução e controlo de *Stock* de produto em curso de fabrico e acabado;
 - Sincronização ao longo da cadeia de valor;
 - *Lead Times* mais curtos;
 - Fluxo de produção e informação mais contínuos.
-
- **Busca da perfeição**

Este princípio vem da filosofia *Kaizen*, que procura a perfeição através da “melhoria contínua”, isto é, todos os elementos da cadeia de valor devem continuamente procurar eliminar qualquer tipo de desperdício e encontrar melhores alternativas na criação de valor. Este princípio é transversal a todos os princípios anteriores, que visam, como um todo, explorar melhor forma de criar valor. (Womack e Jones, 1996).

Lean thinking é uma filosofia de liderança e de gestão autoevolutiva, que continuamente se melhora, encorajando as pessoas a pensar e a resolver problemas, criando valor. Pensar *lean* requer a adoção de um novo paradigma, o abandono de ideias e preconceitos e, principalmente, estar aberto à mudança e ao permanente desafio (Pinto, 2014).

2.3 Os 7 desperdícios

“Desperdício é qualquer atividade humana que absorve recursos mas que não cria valor, tal como erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acumulação de *stocks* ou etapas de processamento que na verdade não são necessárias” (Womack e Jones, 2003)

Como referido anteriormente, o conceito essencial da filosofia *Lean* é o conceito de valor. Tudo o que não acrescenta valor é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. É essencial identificar o que representa valor para os clientes, pois desperdício refere-se a todos os componentes do produto e/ou serviço que o cliente não estará disposto a pagar.

O conceito de desperdício (*muda*, em japonês) pode ser definido como um antónimo de valor, ou seja, tudo o que acrescenta custos e não acrescenta qualquer valor ao produto e consequentemente ao cliente, podendo ir de materiais e produtos defeituosos, até atividades desnecessárias (Ohno, 1988; Shingo, 1989; Womack e Jones, 2003). Uma vez que a vantagem competitiva se mede pelo valor que as organizações criam e por aquilo que pedem em troca, é importante que apostem numa filosofia *Lean* para que esta correlação melhore e se tornem mais competitivas.

Segundo Pinto (2014), mais de 95% do tempo de uma organização é despendido na realização de atividades que não criam valor, sendo apenas 5% do tempo usado para acrescentar valor ao produto final. O desperdício manifesta-se de diferentes formas, mas resulta sempre no mesmo, mais tempo e mais custo sem benefícios. O desperdício pode ser dividido em dois tipos:

- **O puro desperdício** – Atividades totalmente dispensáveis, como por exemplo, deslocações, paragens e avarias. As empresas têm obrigação de eliminar este tipo de desperdício, pois este chega a representar 65% do *muda* nas organizações.

- **O desperdício necessário** – Estas atividades têm de ser realizadas, embora não acrescentem valor. Como por exemplo: a inspeção da matéria-prima comprada, realização de *setups*, transporte dos materiais do armazém às linhas de montagem.

O *muda* pode ainda ser classificado como visível ou invisível, sendo este último o que existe em maior abundância nas organizações e o mais difícil de combater.

Em concreto, cada organização lida com diferentes tipos de desperdício, mas que podem ser agrupados em determinado tipo. As sete formas de desperdício identificadas por Ohno (1988) são as seguintes:

1. Excesso de produção

Excesso de produção significa produzir mais do que o necessário, isto é, mais do que o cliente procura ou demasiado cedo. Esta é a mais penalizante das sete categorias de desperdícios, é o oposto da produção *just in time*, já que, ao produzir-se em excesso, está-se a contribuir para todos os outros desperdícios (Ohno, 1988). Este tipo de desperdício ocorre muitas vezes devido a um planeamento deficiente, produção desnecessária quando se pretende “adiantar trabalho” de modo a aproveitar a disponibilidade dos recursos, e preocupação das organizações em produzir grandes lotes para evitar custos de, por exemplo, *setup* e paragem dos equipamentos.

De acordo com o pensamento *lean*, deve-se aceitar que os recursos não têm que ser utilizados em pleno em todos os momentos, somente quando acrescentam valor. Estes devem ser utilizados de modo a cumprir as exigências do mercado, de forma a priorizar o *just in time*.

“Pior a produção em excesso do que a produção por defeito” (Imai, 1996)

2. Espera

O desperdício por tempos de espera pode ser definido como o intervalo de tempo em que pessoas, material, equipamentos ou informação não estão disponíveis quando são necessários, provocando uma diminuição da eficiência do sistema de produção e consequentemente o aumento do *lead-time*. Habitualmente, os tempos de espera têm como principal causa a avaria de equipamentos, retrabalho de produção, *setups*, falta de material ou mão-de-obra, estrangulamentos na produção, e ainda possíveis ineficiências do *layout* (Liker, 2003). Apesar das causas serem diferentes, as consequências são sempre idênticas: recursos inativos, aumento de custos, quebra de ritmo e falha de compromisso com o cliente.

3. Transporte

As deslocações desnecessárias de pessoas, materiais, ou informação é um tipo de desperdício que afeta toda a organização em termos de custos, tempo e energia. Embora o transporte seja inevitável na maior parte das operações, este nem sempre acrescenta valor. A existência de *layouts* deficientes pode causar longos transportes de material. Para combatê-lo, as organizações devem ser capazes de criar um *layout* que permita um fluxo rápido dos materiais, eliminando as interrupções e o armazenamento intermédio. Além disto, devem, também, aproximar ao máximo as equipas de produção e os processos de produção.

4. Excesso de processamento

Os desperdícios do processo referem-se à aplicação de recursos, ferramentas, equipamentos ou atividades, de forma excessiva ou incorreta. O processamento incorreto implica a

utilização de esforços que não acrescentam valor ao produto ou ao serviço. A má definição dos requisitos dos clientes, a falta de instruções de trabalho e o excesso de rigor nos critérios de qualidade são as causas apontadas para a existência deste tipo de desperdício (Bell, 2005). Através de esforços de automatização, de formação de colaboradores, de normalização ou, ainda, pela substituição de processos por outros mais eficientes são o caminho a adotar para a eliminação deste tipo de desperdício.

5. Stock

Muda associado ao inventário denuncia qualquer produto, matéria-prima ou equipamento retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica, constituindo capital estagnado que resulta em despesa para a organização. A existência de *stocks* para além do mínimo necessário obriga a investir em materiais e recursos, sendo por isso considerado um desperdício. Isto deve-se, muitas das vezes, à dificuldade que as empresas têm em lidar com as flutuações de mercado, sendo necessário investir em recursos, ou produzir, em quantidades excessivas ou antes do tempo, o que vai contra a filosofia *Just-in-Time*. A Figura 7 tem como objetivo fazer uma analogia do mar de *stock* e dos problemas que lhe estão associados com o nível da água do mar a esconder os rochedos. O “mar” esconde problemas como defeitos, avarias de equipamentos, falhas de comunicação, longos *setups* e mau planeamento.

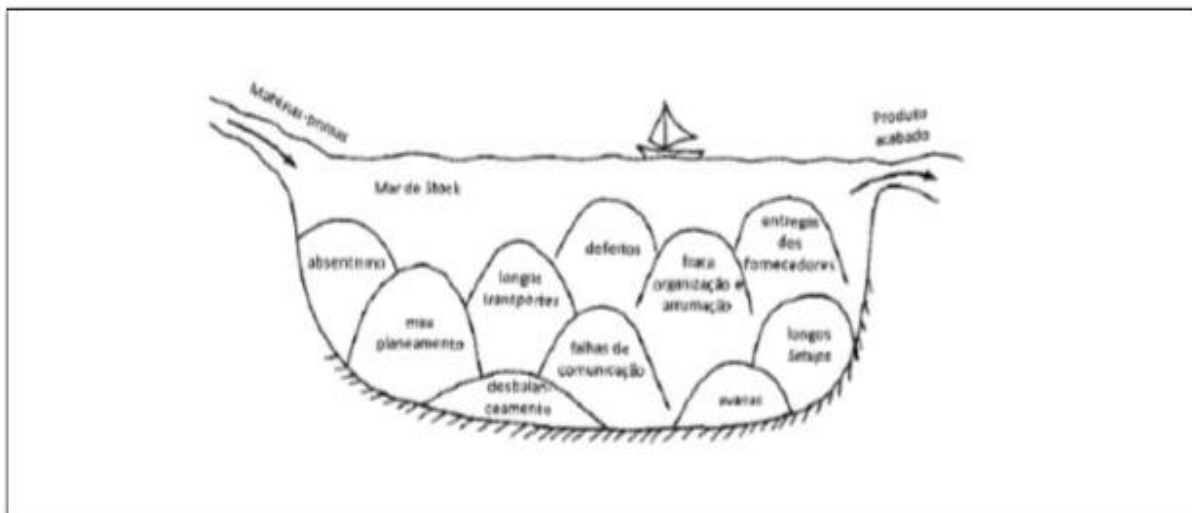


Figura 7: Problemas associados ao excesso de inventário. Fonte: Suzaki (2010).

6. Movimentação

Este tipo de desperdício é o movimento de operadores que não está relacionado com a adição de valor ao produto. As deslocções do operador entre máquinas, a procura de ferramentas, bem como os movimentos de pegar e posicionar peças, podem ser considerados desperdício quando não agregam valor ao produto. Isto ocorre, muitas das vezes, devido a uma má disposição do posto de trabalho ou da fábrica, à falta de procedimentos de trabalho corretos ou a uma má organização do posto de trabalhos, dos materiais e das ferramentas (Ohno, 1988). Uma ferramenta regularmente usada para combater este tipo de *muda* é a aplicação da ferramenta 5S.

7. Defeitos

Os defeitos estão relacionados com as não conformidades existentes nos produtos (Ohno, 1988). Este tipo de desperdício ocorre sempre que um produto ou serviço não atinge as exigências ou expectativas do cliente.

O aparecimento de componentes defeituosos tem como consequência uma interrupção da produção e requer muitas das vezes retrabalho, que visa o reaproveitamento da peça defeituosa. Por norma, os componentes defeituosos são descartados, o que representa um grande desperdício de recursos, de tempo e trabalho. As organizações devem quantificar o tipo de defeitos e o retrabalho existente, passando depois para a sua análise e eliminação. Algumas das causas deste tipo de *muda* poderão ser processos inadequados, ferramentas, equipamentos ou formação deficiente dos operadores e colaboradores. O ritmo de produção cada vez mais exigente nas organizações pode causar uma deteção tardia do defeito. Assim, é cada vez mais importante e necessário que se desenvolva a capacidade de deteção dos problemas atempadamente ou, idealmente, de prevenir o aparecimento de não conformidades (Ohno, 1988).

8. A não utilização do potencial humano

Este é o *muda* mais recente. Liker (2003) defende a sua existência baseada na criatividade que não é aproveitada na organização. Ortiz (2006) define o oitavo desperdício como sendo todo o potencial humano não usado. É defendido na medida em que muitas organizações não cultivam um ambiente de partilha e comunicação de ideias entre todos os colaboradores, perdendo a oportunidade de possíveis contribuições para a melhoria contínua da *performance* e dos processos.

O investimento e o esforço na eliminação do desperdício é um dos pilares fundamentais da filosofia do *Lean Thinking*. No entanto, tal como acontece com todos os hábitos enraizados numa empresa, a sensibilização das pessoas à mudança, nem sempre é fácil, não podendo ser feita de qualquer maneira. Desta forma, esta implementação não pode ser realizada de uma só vez, mas sim, por etapas e de forma pré definida (Maia et al, 2011).

2.4 Metodologias, técnicas e ferramentas *lean*

Neste subcapítulo são apresentados os conceitos e ferramentas com maior relevo para a realização do projeto. É importante que as organizações conheçam as ferramentas *lean*, porém é ainda mais importante que as saibam aplicar no contexto em que se encontram.

2.4.1 Metodologia 5S

De entre todas as ferramentas que incorporam o *Lean*, o 5S é considerado essencial em direção à melhoria da qualidade e produtividade. Esta ferramenta consiste em práticas simples que promovem o trabalho em equipa e que visam a melhoria das organizações (Pinto, 2014).

O nome desta metodologia é originário de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que constituem as cinco fases deste processo. Embora seja considerado uma metodologia de aplicação simples, não deverá ser subestimada, uma vez que o maior obstáculo se prende com manter o que foi conseguido inicialmente.

Para que este método seja aplicado de forma infalível a toda organização, é de enorme importância, a realização de registos, criando bons exemplos visíveis a todos os elementos da

organização. Sendo um processo rotineiro, é importante, para quem lidera a implementação, perceber a necessidade de formação constante, bem como, de paciência e dedicação. Na Tabela 2 encontra-se descrita cada uma das etapas dos 5S.

Tabela 2: Etapas dos 5S.

| | |
|--|--|
| <i>Seiri</i> (Separação ou triagem) | Consiste num processo de identificação de todos os materiais, equipamentos e ferramentas, removendo todos aqueles desnecessários à execução das tarefas realizadas no local de trabalho. Além disto, os itens deverão ser classificados quanto à sua frequência de utilização, de modo a perceber a sua importância e prioridade. |
| <i>Seiton</i> (Organização) | A segunda fase é a organização dos itens, para que estes se tornem mais acessíveis ao operador e tornar mais funcional o posto de trabalho. É necessário saber quais os itens necessários para desempenhar uma determinada tarefa, e o sítio onde devem ficar, de modo a exercer o mínimo esforço possível para os alcançar e recolocar. Segundo Monden (2011), a implementação desta etapa permite aumentar a produtividade através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto, isto é, a ter o mínimo possível de perdas de tempo. |
| <i>Seiso</i> (Limpeza) | Consiste na limpeza do local de trabalho, de modo a garantir que todos os itens se encontrem em condições adequadas aquando da sua utilização, bem como todo o espaço envolvente. Cada elemento da organização deverá possuir o seu próprio plano de limpeza. Esta fase deverá ser realizada diariamente, numa atitude de responsabilidade e envolvimento, tendo em vista evitar a sujidade. |
| <i>Seiketsu</i> (Normalização) | É fundamental a criação de um padrão que permita o cumprimento das etapas referidas anteriormente. É necessário tornar as tarefas um hábito para que não se volte à situação inicial. |
| <i>Shitsuke</i> (Autodisciplina) | O objetivo desta etapa consiste em garantir que todas as etapas anteriores foram desenvolvidas. Manter a autodisciplina de todos os colaboradores, ou seja, fazer com que os cinco sentidos sejam um hábito, como se fosse um modo de vida. Os seres humanos são naturalmente resistentes à mudança, o que faz com que esta etapa seja a mais crítica, pois tende a mudar hábitos e mentalidades. |

A sequência das etapas acima abordadas é apresentada de forma esquemática, como se pode observar na Figura 8.



Figura 8: 5S.

2.4.2 Layouts de Produção

O *layout* de produção é uma representação gráfica do chão de fábrica e deve ser definido com base nos objetivos e especificações dos produtos a produzir, de forma a obter a maior eficiência na produção. Mais do que uma planta, é uma técnica utilizada para definir a distribuição e a disposição física dos componentes da área da produção. Segundo Jacobs e Chase (2014), existem quatro tipos de *layouts* de produção produtivos, que estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Tipos de *layouts* de produção. Fonte: Jacobs e Chase (2014).

| | |
|---|--|
| <i>Workcenter/ Job-Shop</i> (centro de trabalho) | Os equipamentos idênticos ou com funções semelhantes são agrupadas na mesma área de produção. |
| <i>Manufacturing Cell</i> (célula de produção) | Formato segundo o qual todos os equipamentos são agrupados de forma a minimizar o número de movimentações e concentrar todas as operações necessárias à produção de um determinado produto no mesmo lugar. |
| <i>Project Layout</i> (Layout de projeto) | O produto a produzir permanece no mesmo espaço e os equipamentos são deslocados conforme as operações necessárias. |
| <i>Assembly Line</i> (linha de produção) | As operações de trabalho e os equipamentos são organizados de forma sequencial segundo as especificações do produto a produzir. |

Por vezes alguns ambientes de produção, combinam mais do que um destes tipos de *layouts* de produção, devido aos diversos tipos de produtos (Figura 9).

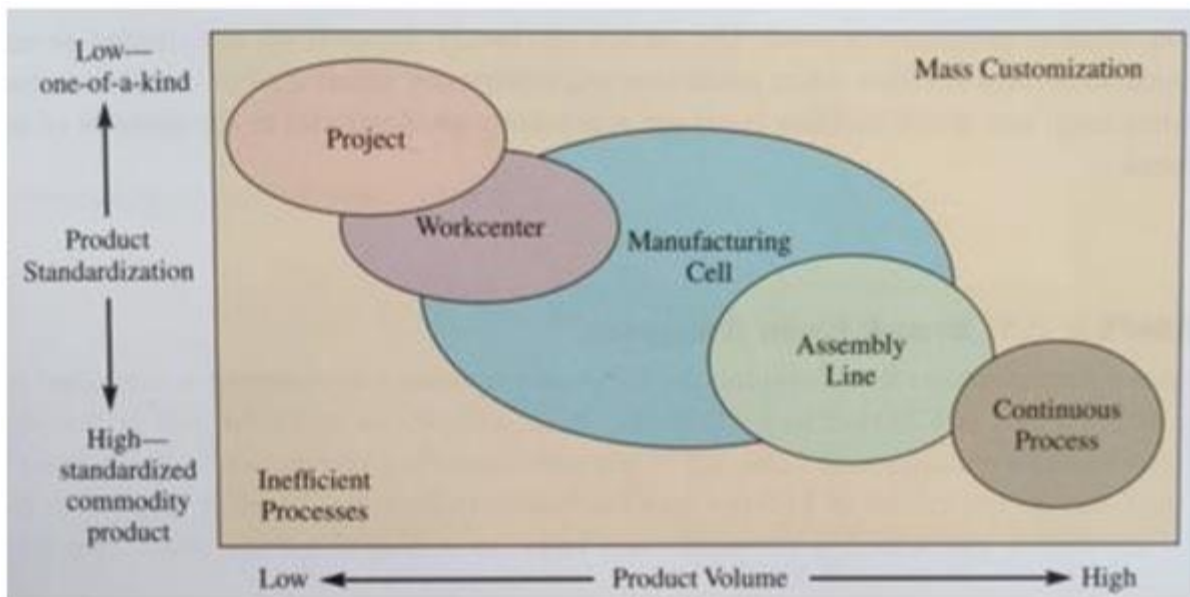


Figura 9: Diferentes tipos de organização de *layouts* produtivos em função do tipo de produto e do seu volume de produção. Fonte: Jacobs e Chase (2014).

2.4.3 Sistema *Kanban*

A sobreprodução é, sem dúvida, um tipo de desperdício de risco elevado para qualquer organização. Devido às constantes mudanças do mercado, que provocam alterações frequentes nos planos de produção, a sobreprodução é um risco que pode pôr em causa a eficácia da cadeia de abastecimento (Chiarini, 2012).

De acordo com Ohno (1988), um dos aspetos mais conhecidos do sistema de operações *lean*, e do TPS em particular, é o sistema de controlo *Kanban*. O sistema *Kanban*, que em japonês significa cartão ou registo visível foi desenvolvido pela Toyota na década de 1950, por Taiichi Ohno, de modo a minimizar os custos com o material em processamento e reduzir os *stocks* entre os processos. Através da gestão visual, os *kanbans* fornecem de forma simples e intuitiva indicações aos operadores sobre o que, quanto e quando produzir, funcionando sempre das estações finais para as iniciais (isto é, do cliente para o fornecedor), e puxando, deste modo, a produção.

Este sistema é implementado com vista a atingir a produção *just-in-time*, ou seja, produzir na quantidade certa, no momento devido e o produto correto. É extremamente comum as organizações recorrerem a este meio de modo a combater a quantidade de produto em fabrico, assim como *stocks* e outras situações que possam causar desperdício.

O *kanban* é um sistema de produção em pequenos lotes. Cada lote é armazenado em recipientes uniformizados, contendo um número definido de peças. Para cada lote mínimo, existe um cartão *kanban* correspondente.

O *kanban* implica um modelo de produção do tipo “*pull*”, isto é, este sistema desencadeia ordens de produção, numa relação cliente/fornecedor interno. Assim, o fluxo de informação tem o sentido oposto do fluxo de materiais. Na Figura 10, encontra-se modelizada a forma de funcionamento deste sistema.

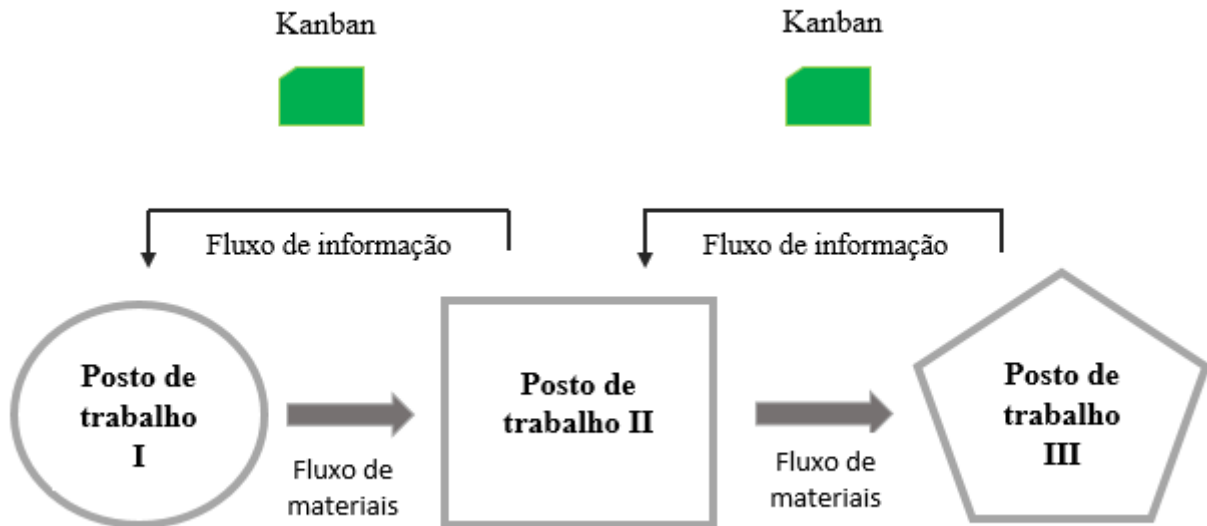


Figura 10: Funcionamento do sistema *kanban*.

Segundo Pinto (2014), o sistema *kanban* além de controlar as operações, coordena e disciplina o *pull system*. Existem dois tipos de *kanban*:

- *Kanban* de produção (que autoriza a produção). Nenhuma operação de fabrico é realizada sem que haja um *kanban* de produção a autorizar;
- *Kanban* de transporte (que autoriza a movimentação do material de um ponto para o outro). Este cartão contém, em geral, as mesmas informações do *kanban* de produção, acrescentado a indicação do centro de produção de destino. Nenhuma atividade de movimentação é executada sem que haja um *kanban* de transporte autorizado.

Quando o “próximo processo” consome uma caixa do produto em questão, é gerada uma autorização (*kanban* de transporte) para que a caixa vazia possa ser levada até ao fornecedor (processo anterior) e este, na presença deste *kanban*, satisfaz o pedido. Este pedido gera uma necessidade interna no “processo anterior”, que se traduz na emissão de um *kanban* de produção de modo a repor o *stock* de produto acabado deste processo. Não havendo consumo no processo final, toda a sequência de processos irá parar.

As organizações que implementam este tipo de sistema, na sua estrutura organizacional, conseguem obter os seguintes benefícios (Chiarini, 2012):

- Eliminação da sobreprodução;
- Aumento da flexibilidade na resposta ao cliente;
- Produção em lotes mais pequenos e com produtos variados;
- Simplificação do sistema de informação da produção;
- Aumento da integração dos processos, desde o fornecedor até ao cliente final.

2.4.4 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta de diagnóstico e melhoria que consiste na representação e visualização de fluxos de produtos e/ou operadores numa determinada área. O objetivo deste tipo de diagrama é reconhecer e minimizar possíveis situações/ movimentações desnecessárias e que são responsáveis pelo congestionamento do fluxo em análise. Com esta análise torna-se possível fazer uma estimativa das distâncias e tempos percorridos. Para a sua realização é apenas necessário representar o *layout* do espaço que se pretende analisar e desenhar com linhas contínuas os fluxos pretendidos. O nome spaghetti resulta do facto de o desenho se afigurar como a imagem de uma tigela cheia de esparguete (Feld, 2000).

2.4.5 Análise ABC

A análise ABC ou 80-20 é baseada no teorema de Vilfredo Pareto, e serve essencialmente para caracterizar e avaliar quais os produtos mais produzidos e com maior impacto para a organização. O seu criador Vilfredo Pareto, renascentista Italiano do século XIX, iniciou um estudo em 1897 sobre a distribuição da riqueza, isto é, como a riqueza total gerada num país era distribuída entre a sua população. Concluiu que a distribuição de riqueza não era uniforme, havendo grande concentração de riqueza (80%) na posse de uma pequena parcela de população (20%). Pareto afirma que 80% das consequências advém de 20% das causas, por exemplo: 20% dos produtos geram 80% das receitas de uma organização.

De modo a proceder a uma análise ABC do produto é indispensável efetuar a classificação dos produtos, verificando a sua procura/produção anual, bem como o valor líquido que a venda desse produto representa para a organização.

O objetivo é encontrar os produtos mais importantes para a organização, os que representam maior impacto financeiro de modo, a concentrar esforços no processo produtivo, bem como no seu controlo, procurando uma diminuição de componentes defeituosos.

Na Figura 11 está representado um gráfico que mostra a metodologia de cálculo usada na análise ABC.

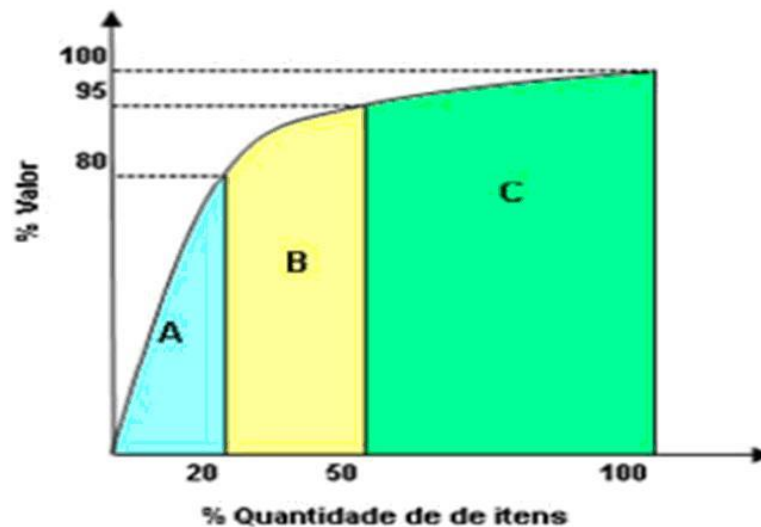


Figura 11: Curva ABC. Fonte: Nogueira (2007).

Segundo a Figura 11, os itens podem ser classificados em três classes:

- Classe A: 20% dos itens correspondem aproximadamente a 80% do valor total;
- Classe B: 30% dos itens correspondem aproximadamente a 25% do valor total;
- Classe C: 50% dos itens correspondem aproximadamente a 10% do valor total.

No âmbito do *Lean*, esta ferramenta costuma auxiliar a aplicação de algumas metodologias, como por exemplo, no cálculo de *Kanbans*, na aplicação dos 5S ou na procura do fluxo contínuo.

2.4.6 Six Sigma e DMAIC

O *Six Sigma* tem diferentes interpretações e definições para diferentes pessoas. É uma metodologia formal e disciplinada para definir, medir, analisar, melhorar e controlar processos. Esta metodologia surgiu na Motorola nos anos 80 e o objetivo era reduzir o número de defeitos. Rapidamente despertou o interesse da maioria das maiores empresas a nível mundial, focadas em melhorar a sua performance, como a Texas Instruments, Allied Signal, Kodak, General Electric e a Sony, que alegaram terem conseguido grandes economias com a implantação do projeto *Six Sigma*.

Kumar et al, (2008) explica que apesar da metodologia *Six Sigma* ser maioritariamente utilizada em aplicações industriais com o objetivo de diminuir defeitos, a sua aplicação pode ser adaptada aos processos e modelos de negócio. Como resultados da aplicação desta metodologia, pode esperar-se conhecer melhor e melhorar processos, ter um maior envolvimento dos colaboradores e subsequentemente formação na resolução de problemas por parte das organizações.

Parte integrante e uma das chaves para o sucesso da metodologia *Six Sigma* é o modelo DMAIC, que se refere à aplicação de cinco etapas conceituais resultando numa melhoria sistemática dos problemas e processos. As fases desta metodologia são:

- Definir (Define): Nesta etapa são definidos os problemas ou as oportunidades de melhoria. Define-se o papel da equipa, o objetivo do projeto, os requisitos e as especificações do cliente (Omachonu e Ross, 2004);
- Medir (Measure): Eleição e medição dos fatores a melhorar, assim como monitorização, comparação e avaliação da sua capacidade (Smętkowska e Mrugalska, 2018);
- Analisar (Analyse): Determinação da causa raiz dos problemas apresentados. Esta etapa é crítica, pois define qual é a causa, para que se atue nela e, não nas suas consequências (Omachonu e Ross, 2004);
- Melhorar (Improve): Recurso a ferramentas estatísticas e à experimentação, que permitem aprimorar o processo. Nesta etapa começa o aperfeiçoamento dos processos, eliminando erros ou desenvolvendo novas soluções (Smętkowska e Mrugalska, 2018);
- Controlar (Control): Na última etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas é assegurada a sustentabilidade das melhorias levadas a cabo na fase anterior e que se transformem em novos padrões para as organizações (Smętkowska e Mrugalska, 2018).

O modelo DMAIC apesar de focado na execução de atividades de melhoria contínua, sustenta-se na necessidade de recolha e análise dos dados, que deve anteceder a realização de ações de melhoria.

2.4.7 SMED

A competitividade das organizações decide-se, cada vez mais, pela diminuição e controlo dos custos e pela reengenharia dos métodos produtivos no sentido de otimizar as tarefas ou etapas do processo que acrescentam valor ao produto e que o cliente valoriza. As empresas caminham para uma postura *just-in-time*, tentando produzir as quantidades certas no tempo devido. Um obstáculo ao sucesso desta filosofia prende-se com os tempos de *setup* (Ferradás e Salonitis, 2013).

O SMED, *Single Minute Exchange of Die*, é uma das ferramentas mais populares e difundida para a redução dos tempos de *setup*. Esta metodologia tem mais de 50 anos, tendo sido desenvolvida por Shigeo Shingo, na década de 1960, após ter melhorado o *setup* de uma prensa de 1000 toneladas, passando de um *setup* com duração de 4 horas para apenas 3 minutos.

A Toyota, no pós 2ª Guerra Mundial, debatia-se com muitas dificuldades, não tendo capacidade para adquirir várias prensas, não podendo fazer *stocks* de chassis ou de carros devido aos custos de posse e aos custos do espaço ocupado. Esta escassez conduziu a combater o problema pela raiz. E foi essa forte necessidade de redução dos tempos de *setup* e a constante procura de melhorias que levou Shingo aos resultados que conseguiu obter. Shigeo Shingo confinado a este desafio, passou muito tempo a analisar as mudanças da prensa e verificou que muitas atividades que eram efetuadas durante o período de *setup*, poderiam ser feitas antes ou depois de a máquina parar. Distinguiu assim que numa mudança de série, existem dois tipos de operações:

- Operações internas – apenas podem ser realizadas com a máquina/ equipamento imobilizado, como por exemplo, montagem e desmontagem de ferramentas.
- Operações externas – podem ser realizadas com a máquina em produção, como por exemplo, transporte de materiais e ferramentas.

De modo a solucionar o problema, Shingo definiu ações para as operações externas, com o intuito de que tudo estivesse devidamente preparado e disponível, no momento e lugar adequados. Seguidamente, tentou transformar operações internas em externas, assim como o planeamento e normalização das operações que têm que ser forçosamente executadas com a máquina parada.

Desta forma, segundo Lopes et al, (2006), este método pode ser dividido em quatro etapas, conforme representado na Figura 12.

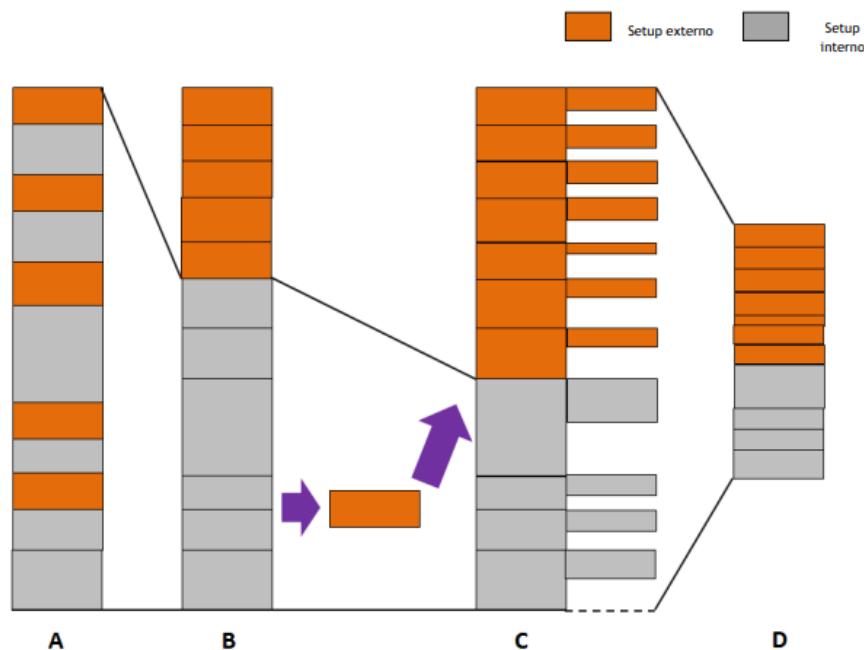


Figura 12: Fases de implementação da metodologia SMED. Fonte: Lopes et al, (2006).

A – Estágio preliminar ou Estágio 0:

Nesta fase inicial, ainda não existe distinção entre *setup* interno e externo. Neste momento é necessário observar e analisar exaustivamente, de maneira a acompanhar e efetuar todo um levantamento objetivo e cuidado das várias atividades. Uma estratégia, que facilita esta análise, passa pela realização de filmagens que devem ser observadas e examinadas pelos responsáveis da implementação do SMED, assim como por todos os intervenientes que executam as tarefas nas filmagens. É indispensável valorizar a opinião dos operadores uma vez que, melhor do que ninguém, sabem como os equipamentos e ferramentas funcionam.

B - Separar ações de *setup* interno e externo ou Estágio 1:

Nesta fase deverão ser identificadas e separadas as operações internas e externas de todo o processo em estudo. É fundamental garantir que todo o trabalho externo é efetuado fora do tempo de paragem do equipamento, seja como preparativos para a atividade de *setup* ou após o mesmo. Como ferramenta auxiliar e de suporte, efetuam-se e utilizam-se *checklists* nas quais devem constar todas as atividades que vão ser concretizadas, o número de parâmetros de operação que o equipamento vai necessitar, o número de pessoas, o número de componentes e

ferramentas ou outros meios fundamentais de apoio fundamentais para execução das mesmas, quer sejam atividades externas ou internas (Lopes et al, 2006). As *checklists* permitem delinear o trabalho, organizar e agrupar todas as condições necessárias para a execução do *setup*. Ao reorganizarem-se as tarefas é possível atingir reduções de tempos de *setup* na ordem dos 30% a 50%, sendo este o “passaporte” para o sucesso da implementação da metodologia SMED.

C – Converter/Transformar trabalho interno em externo ou Estágio 2:

O objetivo desta etapa passa por tentar transformar as atividades internas em externas de forma a aumentar o número de atividades com a máquina em funcionamento, resultando em menos tempo de paragem e maior tempo de produção. O pré-aquecimento de moldes antes da sua entrada na máquina, ou a programação prévia dos parâmetros, são alguns exemplos típicos que reduzem o tempo de paragem.

D – Reduzir e melhorar todos os aspetos das operações de *setup* ou Estágio 3:

O objetivo deste estágio passa pela diminuição ao máximo dos tempos de todas as atividades envolvidas no processo, sejam internas ou externas. Isto é obtido com alterações práticas às operações, que podem ser simples e de custo reduzido, ou mais sofisticadas, envolvendo custos elevados. Todas as operações e alterações deverão ser assinaladas, com o intuito de evitar o desperdício e caminhar sempre em busca da melhoria contínua.

- Melhorar a armazenagem e o transporte de ferramentas. Criar um entreposto de ferramentas perto das máquinas e organizá-lo de forma a reconhecer rapidamente a ferramenta necessária. Pode por exemplo usar-se um sistema de gestão visual por cores;
- Realizar o máximo de operações em paralelo com dois executantes, de forma bem repartida e sequencial, evitando esperas entre tarefas submissas;
- Padronizar as operações de *setup*, implementando modos de operação claros e compreensíveis, definindo as tarefas a executar, como os requisitos necessários e a distribuição das mesmas, de modo a que haja fácil rotatividade entre operadores;
- Reduzir o número de ferramentas necessárias para a troca;
- Eliminar ajustes, utilizando batentes deslocáveis, centradores e calços espaçadores;
- Mecanizar e automatizar tarefas, desde que seja impossível de atingir objetivos com as restantes alternativas.

Estas medidas de reengenharia podem desenvolver resultados ótimos desde que haja possibilidade de as implementar (Brito et al, 2017).

3 Caracterização do Problema

Neste capítulo serão apresentados os problemas identificados na organização, assim como a abordagem realizada a cada um. Inicialmente apresentar-se-á uma caracterização detalhada do problema, focando-se no processo de abastecimento de materiais à área de produção SMT, através da observação e da recolha de diversos dados. Além disso serão identificadas áreas de ação, com o auxílio de ferramentas de diagnóstico, comprovando oportunidades de melhoria.

3.1 Descrição Geral do Processo Produtivo




O processo produtivo da *Kathrein Automotive Portugal* está dividido em 3 setores, dos quais fazem parte o setor SMT, o setor Parque de Máquinas que engloba os processos produtivos de Soldadura, Prensagem, Lacagem, Fresagem e Corte de Cabos, e por último a Montagem Final, onde se processa toda a montagem das antenas. Na Figura 13 é possível visualizar a implantação destes setores.



Figura 13: Implantação geral do processo produtivo.

Na Tabela 4, são explicados resumidamente cada um dos setores da área de produção da empresa.

Tabela 4: Setores da área produtiva.


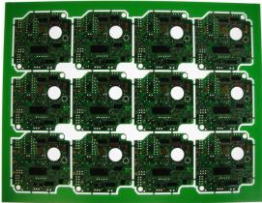

| | |
|---|--|
| <p>Tecnologia de Montagem Superficial (SMT- Surface Mount Technology)</p>  | <p>O objetivo desta secção passa pela codificação e pela colocação de componentes eletrónicos em <i>Printed Circuit Boards</i> (PCB) de acordo com as especificações de cada referência a fim de seguirem o processo produtivo.</p> |
| <p>Parque de Máquinas (Grupo de Robots, Lacagem, Fresagem, Pré-Teste, Raio x, Preparação de Cabos)</p>  | <p>Nesta secção passam a maioria das referências. É aqui que se prensam e soldam as <i>Patch</i> e onde se cortam total ou parcialmente as <i>nutzens</i> onde estão inseridas as PCB. Também passam referências que necessitam de pulverização de verniz, que é uma proteção para evitar corrosão fazendo com que a placa tenha um maior “tempo de vida”.</p> |
| <p>Montagem Final</p>  | <p>Nesta fase todos os componentes, produzidos nas secções anteriores, são associados com o auxílio de processos de soldagem, aparafusamento, prensagem, inspeção visual e finalmente teste elétrico, passando a constituir o produto final a ser entregue ao cliente.</p> |

Em traços gerais, a matéria-prima ao ser recebida passa por um controle da qualidade com o intuito de verificar se está em condições segundo as normas e a quantidade exigidas. Seguidamente, é armazenada juntamente com os outros componentes, que de acordo com a ordem de produção, as PCB são organizadas por referências e conduzidas ao setor SMT com o objetivo de iniciarem o processamento. Após inclusão dos componentes nas placas de circuito impresso, estas são inspecionadas por um operador que decide se estão em conformidade para continuarem o processo produtivo ou não. Seguidamente, as placas de circuito impresso seguem para o setor Parque de Máquinas dentro de magazines (gavetas que armazenam as *nutzen* que contêm as PCB, como ilustra a Tabela 5, e são armazenadas em supermercados com o objetivo de seguirem para a Prensagem e Soldadura e outras para o processo de Lacagem ou Fresagem. Após acesso à Fresagem, estas ficam armazenadas a fim de seguirem para a Montagem Final.

É de realçar que nem todas as referências passam pelos mesmos processos, sendo que algumas vão diretamente à Fresagem e prosseguem para a Montagem Final, enquanto outras passam por todos os processos até à Montagem Final.

Na Montagem Final é feita a montagem das PCB juntamente com os outros componentes (componentes de plástico, cabos), até originarem o produto final. A montagem recorre a diferentes tipos de processos de Soldadura, Aparafusamento e Prensagem. Além de atividades de montagem, esta secção é composta por diferentes testes de conformidade do produto, como inspeção visual e testes elétricos a fim de verificar se estão de acordo com os parâmetros propostos pelo cliente.

Tabela 5: Ilustração de uma *magazine*, *nutzen* e PCB.

| | |
|-----------------|--|
| <i>Magazine</i> |  |
| <i>Nutzen</i> |  |
| PCB |  |

Na Figura 14, é apresentado o fluxograma com as etapas do processo produtivo desde a chegada da matéria-prima até ao produto final ser expedido.

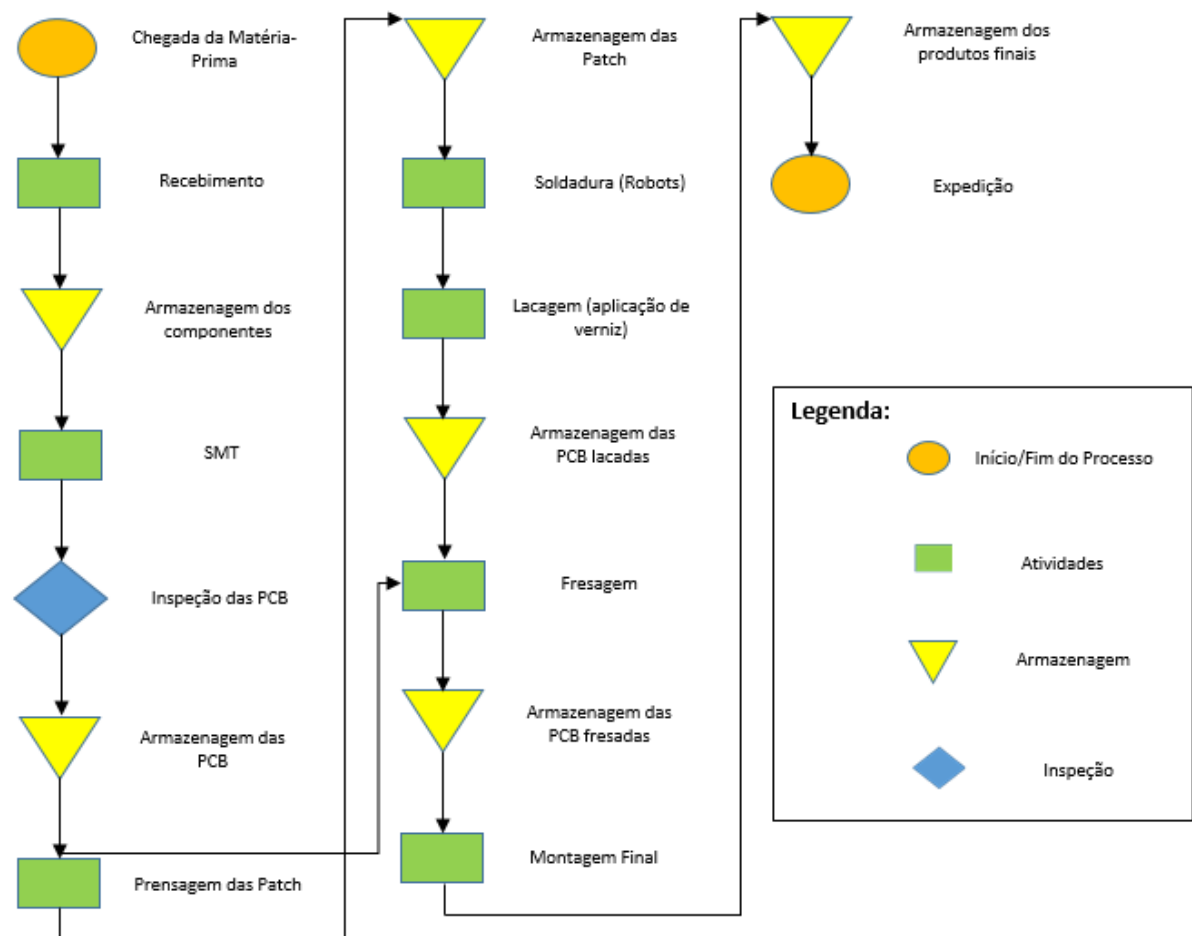


Figura 14: Fluxograma do Processo Produtivo Geral.

3.2 Setor SMT

Considerando que o projeto foi desenvolvido neste setor é relevante efetuar uma exposição mais detalhada dos processos existentes.

O setor SMT é composto por 3 linhas de produção, as linhas 1, 2 e 3. A linha 3 foi implementada recentemente, apresentando maior capacidade de produção (Figura 16). Cada uma das três linhas de produção é formada basicamente por nove etapas/processos (Figura 15).

O processo de produção tem início com a marcação a laser de cada *nutzen* e de cada uma das placas de circuito impresso que a constitui, com um código de barras 2D para efeitos de controlo e rastreabilidade. Uma *nutzen* é uma placa constituída por várias PCB que passam pela fase inicial do processo em simultâneo com o intuito de aumentar o ritmo de produção (*throughput*), sendo posteriormente separadas. À primeira linha de trabalho atribui-se a designação de linha SMT (*Surface-Mount Technology*) e é assim caracterizada devido ao método que faz a inserção de componentes automaticamente na superfície das placas de circuito impresso, através do Modelo de Montagem em Superfície (SMD- *Surface Mount Design*).

Após a marcação inicial, as placas são colocadas no tapete de entrada (*Loader*) para a Impressora (*Printer*) onde é colocada a pasta de solda nas áreas destinadas à soldagem dos componentes. Todas as placas soldadas passam por um processo de inspeção (*SPI- Solder Past Inspection*), que analisa a percentagem de solda presente em cada PCB. Caso seja soado o alarme, significa que a PCB apresenta uma percentagem de solda reduzida ou excessiva e cabe ao operador validar a peça ou não, segundo os limites padrão. Terminada esta fase passa-se à inserção de todos os componentes pela *Pick and Place* através dos alimentadores (“*feeders*”) com as bobines (“*reels*”). Em algumas referências são-lhe inseridas componentes dos dois lados, o lado superior (“*top side*”) e o lado inferior (“*bottom side*”), mas não em simultâneo.

Quando são produzidas todas as placas do lado superior, seguidamente, são produzidas do lado inferior. Após passagem pela Inseridora, as placas seguem para o Forno (*Reflow Oven*), para que a pasta de solda “coza”, isto é, sofra refusão, e faça com que os componentes permaneçam ligados à placa. O Forno é calibrado conforme o tipo de pasta de solda, pois estas apresentam diferentes temperaturas até que sofra refusão. Seguidamente passam pela máquina FIFO (*First in, First Out*), que transfere as placas conformes para a próxima máquina em modo FIFO. Ainda antes de as placas prosseguirem para as restantes linhas, estão são inspecionadas pela AOI, *software* de inspeção, que verifica cada PCB de acordo com o modelo padrão de cada referência, seguindo para a inspeção MESH, que é o local onde o operador inspeciona os erros que deram anteriormente no software de inspeção (AOI). Caso estejam conformes, são colocadas numa *magazine* num ponto de abastecimento intermédio (supermercado).

Todo o processo é acompanhado por uma etiqueta (*Lot Traveller*), onde são mencionados os dados relevantes à produção da referência, como o número do produto e da PCB, a data, quantidade a produzir, qual o lado e a linha. Nesta etiqueta também constam todos os programas e tipo de ferramentas que devem ser utilizados para cada referência. Todas estas fases têm de ser verificadas e validadas pelo operador através da assinatura do mesmo, a fim de evitar qualquer tipo de erro.



Figura 15: Linhas de produção SMT.



Figura 16: Linha 3.

3.3 Metodologia de Abastecimento de Materiais à Produção (SMT)

Tendo em conta que o principal objetivo do projeto consiste na melhoria da metodologia de abastecimento de materiais à produção, é relevante analisar em detalhe todo o processo logístico implícito ao atual sistema de aprovisionamento.

O processo atual pode ser descrito em três blocos logísticos (Figura 17):

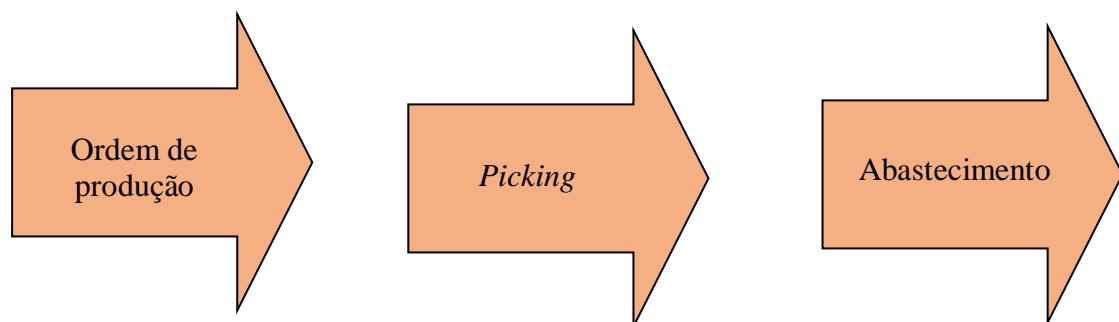


Figura 17: Processo logístico.

O planeamento da produção é feito semanalmente/diariamente, sendo responsável pelo lançamento de ordens de produção. Nesse sentido, o planeamento é feito com o feedback do supervisor do setor que em conjunto com os responsáveis da logística, definem a sequência das ordens de produção, de maneira a que o sequenciamento definido no início do dia possa ser alterado, conforme vão surgindo obstáculos à produção das referências que anteriormente

se planeavam produzir, conferindo assim, uma maior flexibilidade na manufatura dos produtos.

O *picking* diz respeito à recolha de material das estantes de armazém, com o intuito de abastecer as diferentes linhas de produção. É de salientar que todo o percurso de material segue o critério FIFO. O arranque de todo este procedimento dá-se com a emissão de uma ordem de produção, que indica a necessidade de material para a fábrica, e de uma ordem de *picking* que valida o transporte de material.

Para o estudo de todo o processo logístico, serão inicialmente apresentados todos os passos que antecedem o *picking*, para que se saiba qual a quantidade de componentes para uma dada referência, as áreas que intervêm no abastecimento e as localizações de entrada de todos os materiais. Posteriormente, será detalhado todo o fluxo de informação e material com vista a uma compreensão mais pormenorizada e geral de todo o processo de abastecimento. Por fim, será feita uma análise crítica a todo o processo logístico atual.

3.3.1 Áreas que intervêm no abastecimento de materiais

O processo de abastecimento pode descrever-se de uma forma acessível pelo transporte e distribuição de material para as respetivas linhas de produção. Neste sentido, é importante conhecer todas as áreas que integram o processo de aprovisionamento dos componentes (Figura 18).



Figura 18: Áreas integrantes do processo de abastecimento.

- **Armazém**

A logística do armazém engloba a receção de materiais, assim como o seu armazenamento. Nesta secção só existem materiais por consumir.

- **Talho**

Esta área destina-se ao armazenamento do material que retorna da produção por não utilização completa.

- **Rampa**

Em semelhança ao talho, esta área destina-se também ao armazenamento do material que retorna da produção por não ser utilizado completamente. Foi criado por falta de espaço no talho, e aqui são armazenados alguns dos componentes que são utilizados com maior frequência, normalmente os componentes que são utilizados todos os dias de classe A.

No ANEXO A, é possível obter uma melhor visualização dos três pontos de armazenamento do SMT.

3.3.2 Fluxo de Informação

Nesta área as encomendas são recebidas e introduzidas no ERP da empresa – SAP. O ERP, *Enterprise Resource Planning*, é um sistema de gestão e informação, que compreende um conjunto integrado de módulos que auxilia diversas áreas – Produção, Transportes, Compras, Vendas, entre outros. É a partir deste sistema que são determinados os produtos a fabricar e quais os materiais necessários para tal.

Posteriormente, após confirmação das encomendas ao cliente, procede-se à análise da necessidade de reposição de materiais (MRP), onde são estabelecidas ordens de compra aos fornecedores. O MRP, *Material Requirements Planning*, tem como principal objetivo facilitar o planeamento e organização das diferentes ações na produção, através de um sistema de gestão de *stock* informatizado associado a um sistema de planeamento de produção. Determina a procura para um dado componente no sentido de gerar ordens de compra, assegurando que o material está disponível quando é necessário.

3.3.3 Fluxo de materiais

Para que o processo se desenrole sem problemas, é necessário um correto abastecimento de materiais de forma a impedir micro paragens provocadas pela escassez de material.

O fluxo de materiais começa com a receção de pedidos realizados aos fornecedores e o fluxo de informação que lhes estão associados. Quando os materiais são recebidos, são colocados numa zona de receção, onde é feita uma verificação quantitativa e visual do material, com o intuito de verificar se estão em conformidade. No caso de o material não estar conforme, é contactado o departamento de Compras para reclamação do mesmo ao fornecedor. O material

é sujeito a diversos testes de amostragem, seguindo normas exigentes ao abrigo da Qualidade. Se o material não estiver em condições, é armazenado na zona de não conformes. Por outro lado, se aprovado, o material é transportado para a respetiva estante de armazém.

Posteriormente, regista-se no sistema a entrada do material, que auxilia o *picking* de materiais com base numa gestão de localizações. O material ao ser alocado deve ser lido o código de barras do componente e da respetiva localização. Deste modo, toda a informação relativa a cada material, desde a sua quantidade, data de movimentos e localização ficam registados e acessíveis a qualquer operador.

O uso desta aplicação é feita recorrendo a um PDA – *Personal Digital Assistant* – que contém uma *picking list*, que é uma lista que contém todos os materiais a serem recolhidos das zonas de abastecimento de modo a satisfazerem uma ordem específica de produção.

O manuseamento de dados neste sistema só é possível no posto de trabalho, no entanto, todos os colaboradores têm acesso a todos os dados de movimentos de material.

Quando existe mudança de referência a produzir é necessário proceder ao retorno do material, sendo que os materiais são transportados de forma idêntica ao abastecimento, fazendo apenas o percurso no sentido inverso, podendo ser alocados única e exclusivamente no Talho ou Rampa, onde se regista no SAP o retorno do material.

3.3.4 Descrição de todos os processos intervenientes

Após ter sido realizado um estudo durante 9 dias úteis durante o 1º turno (6h-15h) foi analisado o estado da situação inicial da fábrica *Kathrein Automotive Portugal* e diagnosticados os principais problemas. Numa primeira fase, foi efetuado o levantamento das principais movimentações e tarefas do operador responsável pelo abastecimento de materiais às linhas de produção. Na Figura 19 é possível a visualização de todas as etapas intervenientes, para que seja realizado da melhor forma o abastecimento de componentes.

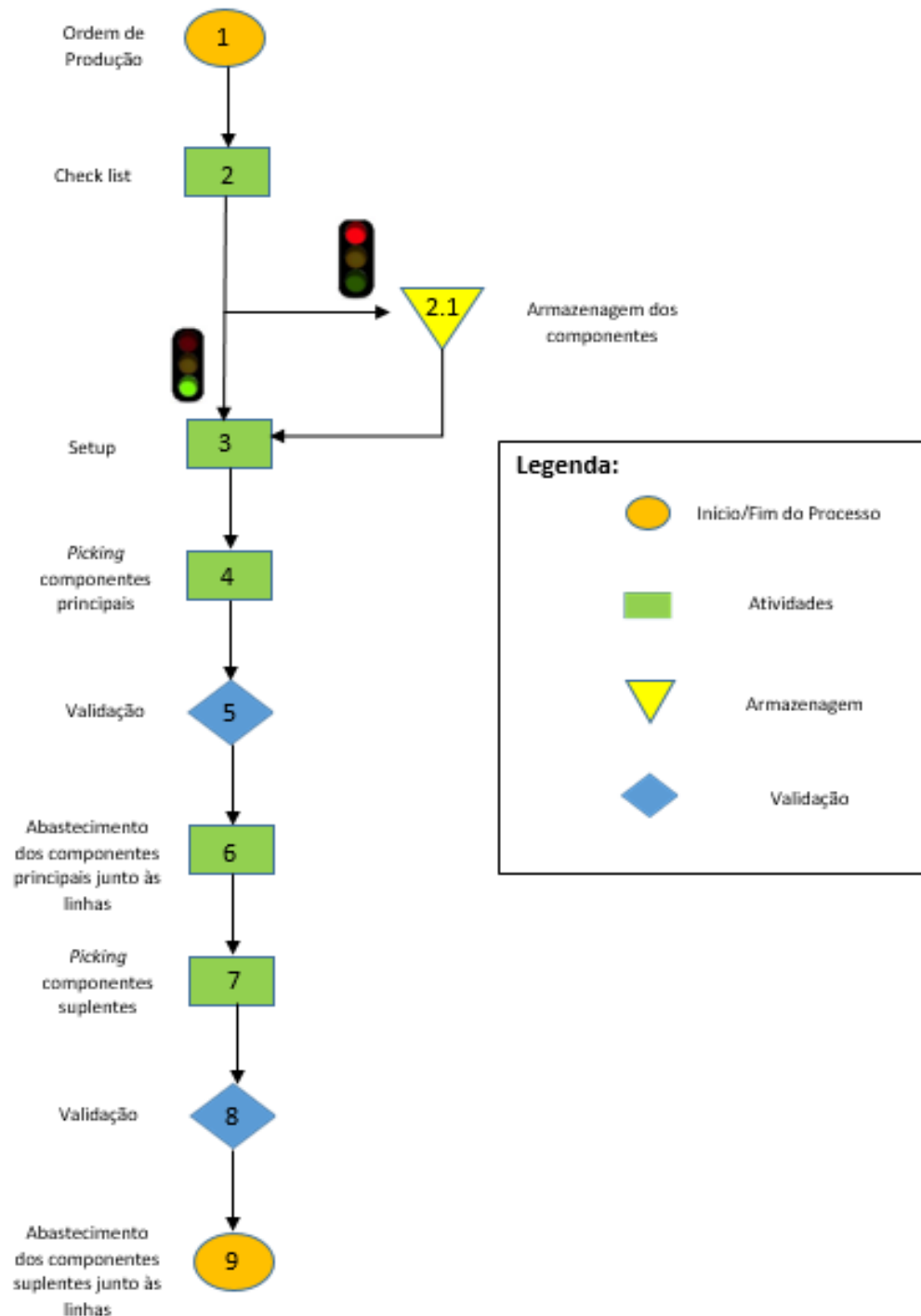


Figura 19: Etapas precedentes à ordem de produção.

1. **Ordem de Produção** - O processo inicia-se com uma ordem de produção, sendo que após essa ordem são efetuados de um modo sequencial as restantes etapas;
2. **Check list** – Averiguar a existência dos componentes na quantidade requerida à produção de uma dada referência. Caso os componentes estejam assinalados a verde, avança-se para a etapa 3, em contrapartida, caso algum dos componentes apareça a vermelho, significa que este está em falta, não se encontra no armazém do SMT, sendo necessária uma etapa adicional para prosseguir o processo (2.1). O cálculo do número de componentes necessários é feito para um componente por PCB. Por exemplo, se uma dada referência precisa de duas bobines e de três transístores por PCB, o operador logístico só efetua o cálculo de uma bobine e de um transístor por PCB. Disto resultam, por vezes, micro paragens ao nível da produção por falta de componentes.

1º Problema/oportunidade de melhoria identificado: Sistema ineficiente na obtenção do número total de componentes necessários à produção de uma dada referência. Sistema de acompanhamento do número exato de componentes necessários à produção ineficiente.

- 2.1 **Armazenagem dos componentes** - Nesta etapa é necessário comunicar com o operador responsável pelo *picking* dos componentes do armazém geral para o armazém do SMT de modo a saber se o componente está em *stock* no armazém geral. Caso não haja o componente, todas as etapas seguintes ficam sem efeito, visto não haver condições para produzir. Caso contrário, se o componente estiver ainda no armazém geral, tem de ser armazenado no SMT de modo a dar continuidade ao processo.
3. **Setup:** Tempo que cada PCB demora a passar em cada módulo da linha SMT. Por norma este valor já está predefinido, pelo que o sistema tenta sempre otimizá-lo. Visto que existe um valor de referência, este nunca pode ser superior mas sim inferior ou igual. Esta etapa não interfere com o tempo de abastecimento de materiais, pois enquanto o sistema otimiza os valores, é possível ir fazendo o *picking* dos componentes. Quando o sistema dá valores acima dos pré-definidos, é necessário contactar o técnico responsável dos tempos de *setup*, que rapidamente soluciona o problema.
4. **Picking de componentes principais:** Conjunto de componentes que iniciam a produção até serem consumidos. Este processo é realizado com o auxílio do PDA, que indica a localização de cada um dos componentes, onde posteriormente são colocados num carro que serve de transporte dos mesmos. O *picking* dos componentes é dividido em *picking* de componentes principais/suplentes, por falta de meios de transporte, sendo que só existem 3 carros que auxiliam o abastecimento dos materiais, em que dois estão a ser utilizados nas linhas, com os componentes das referências anteriores, existindo apenas um para efetuar o transporte dos materiais e sendo que este tem dimensões reduzidas, isto é, não consegue efetuar o transporte de todos os componentes necessários à produção, quer componentes principais/suplentes. Ao efetuar o *picking* dos componentes, dá-se sempre prioridade aos componentes já retornados, que são os primeiros que vão ser consumidos. Existem três locais onde é possível fazer o *picking*, dependendo da classe da referência a ser produzida:

Rampa: Componentes de referências de classe A que foram retornados e que o operador responsável pelo abastecimento de materiais às linhas sabe que estão nesse mesmo sítio. Este tipo de armazenamento, difere do Armazém e do Talho pois não existe um processo de *picking* com o PDA e os componentes não estão organizados, pelo que é desperdiçado algum tempo à procura dos componentes e apenas o operador responsável pelo abastecimento de materiais de cada turno é que sabe quais são os componentes que retornam para lá.

2º Problema/oportunidade de melhoria identificado: Visto ser um ponto de armazenamento em que as referências não estão organizadas nem identificadas, torna-se um processo lento. Necessidade de implementação de medidas 5S.

3º Problema/oportunidade de melhoria identificado: Visto ser um operador de cada um dos turnos que conhece todas as etapas intervenientes até que seja efetuado com sucesso o abastecimento dos materiais às linhas, se por algum motivo não estiver presente, este processo vai ser muito mais demorado que o normal. Necessidade de rotatividade entre operadores de cada turno.

- **Talho:** Componentes retornados de referências de qualquer uma das classes (A, B ou C). Quando é um componente que pertence a uma referência de classe A e o operador sabe que não está na Rampa, vai diretamente ao Talho.
- **Armazém:** Componentes de referências que no sistema não indica que foram retornados.

4º Problema/oportunidade de melhoria identificado: O facto de o meio de transporte dos componentes ser ineficiente, por ter uma dimensão reduzida leva a que seja feito outra vez o mesmo trajeto desnecessariamente. Aquisição de meios de transporte com maior dimensão.

5. **Validação:** Nesta etapa é realizada a validação dos componentes, que consiste em escrever na ril (bobine que contém os componentes) o número do módulo e a posição em que o componente vai ser consumido.
6. **Abastecimento dos componentes principais junto a cada linha de produção:** Colocar os componentes junto à linha de produção para que sejam utilizados aquando da mudança de referência. Devido à carência de carros imobilizados nas linhas que contém os componentes, por vezes, é “gasto” demasiado tempo a organizar esses mesmos componentes, para serem colocados os componentes da referência a ser produzida posteriormente.

5º Problema/oportunidade de melhoria identificado: Devido à carência de carros que armazenam os componentes que estão nas linhas à espera de serem consumidos, por vezes é necessário um período para os componentes serem organizados, de modo a que os componentes da referência a ser produzida posteriormente possam ser também alocados junto às linhas de produção. Obtenção de mais meios de armazenamento junto às linhas.

7. ***Picking* de componentes suplentes:** Nesta etapa, o *picking* é única e exclusivamente realizado no armazém de forma idêntica à ação 4.

8. Validação: Idêntica à etapa 5, só que neste caso, para os componentes suplentes

9. Abastecimento dos componentes suplentes junto a cada linha de produção:
Idêntica à etapa 6.

De forma a compreender melhor o problema, foram cronometrados os tempos de cada uma das etapas (Tabela 6) assim como as principais movimentações por dia com base no uso do diagrama de *Spaghetti* (Figura 20).

Tabela 6: Cronometragem das etapas do estudo elaborado.

| Dias | Nº setups | Check List | Armazenagem de componentes | Setup | Picking Rampa | Picking Armazém Talho (CP) | Validação CP | Abastecimento CP | Picking Armazém (CS) | Validação CS | Abastecimento CS | Total |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-------|---------------|----------------------------|--------------|------------------|----------------------|--------------|------------------|-------|
| 27/fev | 4 | 2055 | 0 | 1727 | 780 | 1055 | 1860 | 114 | 284 | 950 | 64 | 8889 |
| 28/fev | 2 | 1380 | 0 | 200 | 0 | 720 | 1200 | 240 | 360 | 720 | 180 | 5000 |
| 01/mar | 4 | 1260 | 0 | 1440 | 1080 | 780 | 840 | 320 | 600 | 1370 | 274 | 7964 |
| 02/mar | 6 | 1500 | 240 | 1610 | 549 | 739 | 1082 | 346 | 743 | 560 | 279 | 7648 |
| 05/mar | 3 | 1120 | 320 | 800 | 300 | 600 | 780 | 284 | 487 | 1160 | 249 | 6100 |
| 06/mar | 5 | 1462 | 360 | 1240 | 180 | 680 | 1196 | 431 | 855 | 990 | 322 | 7716 |
| 07/mar | 5 | 1390 | 620 | 755 | 329 | 716 | 714 | 330 | 550 | 1570 | 235 | 7209 |
| 08/mar | 4 | 970 | 740 | 970 | 610 | 920 | 1090 | 239 | 530 | 1340 | 263 | 7672 |
| 09/mar | 4 | 2450 | 400 | 1340 | 690 | 790 | 1040 | 438 | 717 | 410 | 238 | 8513 |
| Total (s) | 37 | 13587 | 2680 | 10082 | 4518 | 7000 | 9802 | 2742 | 5126 | 9070 | 2104 | 66711 |
| % | | 20,4% | 4,0% | 15,1% | 7% | 10,5% | 14,7% | 4,1% | 7,7% | 13,6% | 3,2% | 100% |

Com base na cronometragem dos tempos de cada etapa que intervém na realização do abastecimento dos componentes às linhas de produção, é possível concluir que a operação que envolve mais tempo é a realização da *check list* com 22.8 e a que envolve menor duração é a colocação dos componentes suplentes junto às linhas. Considerando que o ideal deveriam ser cinco etapas (Check list – Setup – Picking de todos os componentes- Validação – Colocação dos componentes junto às linhas de produção) contrariamente às nove que são realizadas, existem muitas deslocações que são consideradas desperdício, que não acrescentam valor ao produto, ou que são desnecessárias ao ideal abastecimento de componentes.



Figura 20: Diagrama de Spaghetti das movimentações do operador responsável pelo abastecimento das linhas de produção durante um dia de trabalho.

A Figura 20 representa o diagrama de Spaghetti de um dos dias estudados, em que cada cor de linha corresponde a uma referência e que esta pertence a uma das três classes (A, B ou C), sendo que na empresa só são consideradas duas referências (A e C), em que a classe B é considerada C.

3.3.5 Síntese Final de Problemas/Oportunidades de Melhoria Encontrados

Na Tabela 7, encontram-se sintetizadas todos os problemas/oportunidades de melhoria identificados após análise da situação inicial da fábrica *Kathrein Automotive Portugal* no contexto do projeto de dissertação.

Tabela 7: Problemas/oportunidades de melhoria encontradas.

| Nº | Problema/Oportunidade de Melhoria |
|----|--|
| 1 | Sistema de acompanhamento do número exato de componentes necessários à produção ineficiente. |
| 2 | Necessidade de implementação de medidas de gestão visual e 5S. |
| 3 | Necessidade de rotatividade entre operadores de cada turno. |
| 4 | Aquisição de meios de transporte com maior dimensão. |
| 5 | Obtenção de mais meios de armazenamento junto às linhas. |

4 Apresentação das Soluções Propostas e Implementadas

Analizando a realidade da situação inicial da fábrica *Kathrein Automotive Portugal* e diagnosticadas as principais dificuldades previamente identificadas e analisadas no capítulo 3, surge o momento de expor soluções para as mesmas. O sistema de abastecimento existente necessita de correções e melhorias de forma a torná-lo mais flexível e eficiente. Um dos grandes objetivos a atingir é o de minimizar etapas que não acrescentam valor ao produto e que intervêm no processo de abastecimento de materiais.

As propostas de melhoria sugeridas não seguem a ordem sequencial da implementação, estando organizadas pelo problema a solucionar. É de realçar que uma simples solução pode contribuir para uma melhoria de vários fatores.

4.1 1º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada

O problema/ oportunidade de melhoria nº1 consiste na ineficiência do sistema que não retorna o número exato de componentes necessários à produção de uma dada referência.

Visto que não existe um sistema eficiente que calcula o número de componentes necessários à produção de uma dada referência, o operador logístico calcula o número de componentes com base no número de placas elétricas a produzir, sendo que considera apenas um componente por PCB, como já foi referido no capítulo anterior.

Para solucionar esta questão foi proposta a criação e implementação de um sistema informático para determinar o número exato de componentes de cada tipo necessários à produção de uma dada referência, evitando deslocações desnecessárias do operador de linha ao armazém, evitando possíveis micro paragens ou paragens totais de produção por falta de componentes. Esta oportunidade de melhoria não foi implementada durante o projeto devido à morosidade dos processos internos de aprovação de investimentos.

4.2 2º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada

O 2º problema/oportunidade de melhoria identificada consiste na constatação da existência de componentes sem qualquer tipo de ajuda visual num dos pontos de *picking* de materiais (Rampa), como representado na Figura 21.

Nesta atividade dispense-se tempo, podendo este desperdício ser eliminado através da implementação de um sistema de gestão visual relativamente simples.

Com este objetivo, sugere-se a implementação de uma solução de modo a eliminar este desperdício, que passa por identificação dos componentes por referências e por famílias, visto existirem referências semelhantes, que utilizam os mesmos componentes à exceção de um ou outro.

As Figuras 21, 22 e 23 ilustram um exemplo onde esta solução foi implementada.



Figura 21: Componentes sem gestão visual.



Figura 22: Componentes com gestão visual.



Figura 23: Componentes com gestão visual.

4.3 3º Problema/Oportunidade de Melhoria Identificada

O 3º problema/oportunidade de melhoria consiste na falta de operadores com competências em diversas áreas de intervenção no processo de abastecimento, provocando em diversas ocasiões um atraso significativo do mesmo, mais propriamente quando os trabalhadores responsáveis por este tópico não estão presentes.

Uma solução proposta consistia na rotatividade dos operadores nesta função, sendo que numa altura precoce isso iria atrasar a produção pois estes operadores ainda não iriam ter rotinas nessa função. Numa fase posterior são esperados aumentos de produção.

A implementação desta medida não foi conseguida durante o decurso do projeto devido ao grande volume de produção existente. A sua implementação ficou planeada para um futuro próximo.

4.4 4º e 5º Problemas/Oportunidade de Melhoria Identificada

O 4º problema/oportunidade de melhoria identificada reside na ineficiência do meio de transporte dos componentes que vão abastecer as linhas de produção, devido à sua reduzida dimensão, 65cm x 45 cm x 100 cm (L x C x A). Por este motivo são realizadas nove etapas até ao correto abastecimento das linhas, sendo considerado que algumas dessas etapas podem ser suprimidas, com o intuito de reduzir atividades que não acrescentam valor ao produto final.

Para solucionar esta questão foi proposta a aquisição de um novo “carro”, com dimensões maiores, 105 cm x 45 cm x 100 cm (L x C x A), por forma a possibilitar o *picking* de todos os componentes numa só etapa, evitando assim, a separação em componentes principais e suplentes. Nas Figuras 24 e 25 é possível a visualização da diferença dos carros.



Figura 24: Carro de *picking* antigo.



Figura 25: Carro de *picking* recente.

Relativamente ao 5º Problema Identificado, um possível ponto de melhoria seria a criação de um espaço onde fosse possível ao operador responsável pelo abastecimento dos componentes organizar o abastecimento dos mesmos, pois neste momento nessa etapa existe uma desorganização grande devido à falta de espaço, atrasando a produção nas linhas e com possibilidade de danificação de alguns materiais, resultando em gastos para a empresa.

Com a aquisição dos novos carros, foi possível reduzir as nove etapas que antes eram realizadas para seis etapas que são necessárias para o abastecimento de materiais junto às linhas de produção (Figura 26).

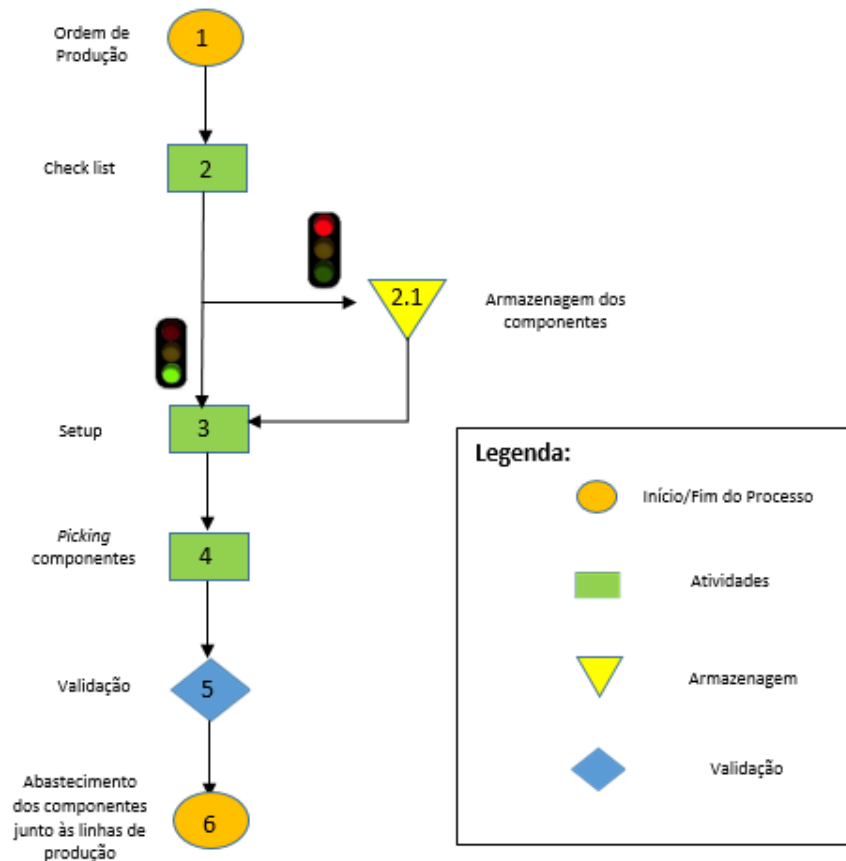


Figura 26: Etapas precedentes à ordem de produção depois da aquisição dos novos carros.

4.5 Resultados

Com a implementação do novo modelo de abastecimento, obtiveram-se os seguintes ganhos ao nível do funcionamento da fábrica:

- Redução dos tempos e deslocações para efetuar o abastecimento;
- Melhor organização da fábrica;
- Abastecimento ergonómico;
- Maior auxílio do operador logístico às linhas de produção

Através da medição de tempos e distâncias de abastecimento já efetuada, foi possível estimar possíveis melhorias referentes ao tempo e deslocações. Esta análise foi considerada tendo em conta apenas determinadas referências. É possível verificar que os tempos de cada etapa que intervém no abastecimento dos componentes considerados não são tão elevados como os anteriormente apresentados.

A eliminação de três das etapas, levou a uma redução considerável do percurso efetuado pelo operador logístico. Para as mesmas referências produzidas, é possível a visualização do percurso do operador logístico antes (Figura 27) e depois (Figura 28) da aquisição dos carros, que levou à diminuição das etapas que levam ao abastecimento de componentes.



Figura 27: Diagrama de Spaghetti com 9 etapas.



Figura 28: Diagrama de Spaghetti com 6 etapas.

Com o objetivo de demonstrar as melhorias encontradas com a implementação da solução proposta, foi comparada a solução existente com a solução proposta para a referência 707 de classe A. Os tempos obtidos considerando as nove etapas são apresentados na Tabela 8 e os tempos obtidos com seis etapas na Tabela 9.

Tabela 8: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 707.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|------------------|
| <i>Check list</i> | 240 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 300 |
| <i>Picking Rampa</i> | 180 |
| <i>Picking armazém/talho componentes principais (CP)</i> | 60 |
| Validação CP | 240 |
| Abastecimento CP | 120 |
| <i>Picking armazém componentes suplentes (CS)</i> | 240 |
| Validação CS | 150 |
| Abastecimento CS | 65 |
| Total | 1595 |

Tabela 9: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 707.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-----------------------------|
| <i>Check list</i> | 250 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 300 |
| <i>Picking</i> Rampa | 45 |
| <i>Picking</i> armazém/talho componentes | 130 |
| Validação | 200 |
| Abastecimento | 20 |
| Total | 945 |

Houve uma redução de 650 segundos, o que significa que houve uma redução de 40.75% do tempo total.

No ANEXO B encontra-se o estudo feito para mais 3 referências, sendo feita uma média do tempo reduzido para a mesma referência antes e depois da implementação do novo sistema de abastecimento melhorado, que foi uma redução de 30%.

Foi possível esta melhoria devido a aquisição de novos carros pois ajudaram tanto no transporte dos materiais, como o armazenamento dos materiais juntos às linhas à espera de serem produzidos, devido a uma maior capacidade quer de transporte e armazenamento.

5 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

A *Kathrein Automotive* Portugal, como já foi referido ao longo do projeto de dissertação, está em mudança, sendo requerida maior qualidade e eficiência operacional. Neste sentido, e dadas as condições da fábrica, possuir um abastecimento adequado e flexível é fundamental para facilitar o trabalho dos operadores de linha e responsáveis pelo abastecimento dos materiais.

Com o desenvolvimento deste projeto, espera-se a obtenção de resultados positivos no que toca à redução do tempo de cada uma das operações e à minimização de deslocações necessárias que constituem o processo de abastecimento. Estima-se uma redução aproximada de 30% do tempo das etapas que englobam o abastecimento de componentes assim como uma redução de 50% relativamente às deslocações atualmente efetuadas.

Surgiram diversos obstáculos durante a realização do projeto de dissertação no que respeita ao grande número de restrições presentes na fábrica, principalmente ao nível burocrático e custos associados.

É expectável que o modelo proposto consiga corrigir muitas ineficiências detetadas, sendo, no entanto, necessário um trabalho de melhoria contínua e muita perseverança para garantir uma correta implementação e um funcionamento desejável.

Desta forma, seria importante numa primeira fase incluir no sistema SAP a primeira oportunidade de melhoria identificada. A utilidade de uma ferramenta desta natureza prende-se com o facto de permitir facilmente estudar diferentes cenários alternativos, aquando da falta de componentes para a produção total de uma dada referência. Num mercado competitivo como o que se apresenta, os produtos estão constantemente a sofrer alterações e alguns produtos deixam de ser produzidos dando lugar a outros. Possuindo ferramentas que permitam facilmente aceder e manipular informações é possível planear e controlar as diversas atividades que compõem o abastecimento.

Como é notório, as atividades de *picking* para a produção têm um impacto enorme na eficiência do abastecimento. Seria benéfica a inclusão de tecnologias (PDA), como as que já existem no *picking* do Armazém e no Talho, também na Rampa, tornando assim uma gestão do fluxo de material na Rampa muito melhor.

No presente projeto de dissertação, estudou-se apenas uma alternativa para o atual modo de abastecimento. No entanto, é necessário possuir várias alternativas e visões do modo como realizar o abastecimento num setor como o SMT.

Proposta de trabalho futuro

No sentido de desenvolver os objetivos deste projeto é possível identificar as seguintes sugestões:

- Implementação de ações 5S em outras áreas do SMT;
- Implementação de novos sistemas de gestão visual;
- Acompanhamento do novo sistema de abastecimento;
- Implementação de rotatividade entre os operadores

Estas propostas de trabalho futuro visam essencialmente continuar o trabalho desenvolvido no presente projeto de dissertação.

Referências

- Bell, S. 2005, “Lean Enterprise Systems: Using It For Continuous Improvement”, Wiley-Interscience, New Jersey.
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Chase, R. Jacobs, F and Aquilano, N. 2005. *Operations Management for Competitive Advantage*. McGraw-Hill
- Chiarini, A. 2012. *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer.
- Drew J, McCallum B, Roggenhofer S. 2004. *Journey to lean making operational change stick*. New York: Palgrave MacMillan.
- Feld WM. (2000) *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*: CRC.
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598–603. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.039>
- Fujimoto, T. *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. New York: Oxford University Press, 1999.
- Holweg, Matthias, e Frits Pil. 2005. *The second century: Reconnecting customer and value chain through build-to-order moving beyond mass and lean in the auto industry*. 1.aed. MIT Press.
- Imai, M. “*Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica*”. Imam. São Paulo, 1996.
- Jacobs, F and Chase, R. 2014. *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Jacobs, F., Chase, R., & Aquilano, N. (2009). *Operations & Suplly Management*. New York: McGraw-Hill.
- Kumar, U.D., Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J.E. and Verma, D. (2008), “On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 111 No. 2, pp. 456-467
- Liker, J.K. 2003, “*The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*”, McGraw-Hill, New York
- Lopes, R.; Neto, C.; Pinto, J.P.- *Quick Changeover: Practical application of method SMED*. *Tecnometal*. ISSN 0870-8444. Vol. 28, n.º 167 (2006), p.5-10.

- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. L. (2011). Metodologias Para Implementar Lean Production: Uma Revisão Crítica De Literatura. 6o Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011)“ A Engenharia No Combate À Pobreza, Pelo Desenvolvimento E Competitividade,” 0915A. <https://doi.org/10.1002/9780470759660.ch27>
- Monden, Y. 2011, “Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time”, Productivity Press.
- Nambiar, Arun N. 2010. «Modern manufacturing paradigms – A comparison». International Multiconference of Engineers and Computer Scientists III:6.
- Nogueira, A. (2007). "Classificação ABC para Melhor Gestão do Estoque."
- Ohno, Taiichi. 1988. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Omachonu, V.K. and Ross, J.E. (2004), Principles of Total Quality, 3rd ed., CRC Press LLC, Boca Raton, FL.
- Ortiz, C. A. 2006, “Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line”, CRC Press, New York.
- Pinto, João Paulo. 2014. Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras. Editado por Lidel. 6.ªed.
- Shingo, Shigeo. 1989. A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint: Productivity Press.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process : a case study. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Spear, S., & Bowen, H. K. “Decoding the DNA of the Toyota Production System”, Harvard Business Review, pp. 95-106, Setembro de 1999
- Suzaki, Kiyoshi. 2010. Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a melhoria contínua. 1a ed. Mansores: LeanOP Press.
- Takami, T. (2014). Production engineering strategies and metalworking at toyota motor corporation. Procedia Engineering, 81(October), 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.123>
- Womack, James P. & Jones, Daniel T. “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”, Free Press, Primeira edição, 2003.
- Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. 1990. The Machine That Changed The World.
- Womack, James P., e Daniel T. Jones. 1996. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Simon & Schuster.
- Wyrwicka, M. K., & Mrugalska, B. (2017). Mirages of Lean Manufacturing in Practice. Procedia Engineering, 182, 780–785. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.200>

ANEXO A: Fotografias



Figura 29: Componentes organizados por estantes no armazém



Figura 30: Componentes organizados por secções no armazém.



Figura 31: Componentes dispostos no talho.



Figura 32: Componentes retornados para o talho identificados.



Figura 33: Componentes organizados por famílias e referências na rampa.



Figura 34: Rampa.



Figura 35: Empilhamento de componentes devido à falta de espaço.



Figura 36: Mistura de componentes de referências diferentes devido à falta de espaço.

ANEXO B: Análise e Comparação de Tempos

Tabela 10: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 968.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-----------------------------|
| <i>Check list</i> | 300 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 360 |
| <i>Picking Rampa</i> | 240 |
| <i>Picking armazém/talho componentes principais (CP)</i> | 120 |
| Validação CP | 198 |
| Abastecimento CP | 89 |
| <i>Picking armazém componentes suplentes (CS)</i> | 127 |
| Validação CS | 260 |
| Abastecimento CS | 55 |
| Total | 1749 |

Tabela 11: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 968.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-----------------------------|
| <i>Check list</i> | 290 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 350 |
| <i>Picking Rampa</i> | 110 |
| <i>Picking armazém/talho componentes</i> | 200 |
| Validação | 300 |
| Abastecimento | 10 |
| Total | 1260 |

Redução do tempo total (referência 968): 28%

Tabela 12: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 1569.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-------------------------|
| <i>Check list</i> | 380 |
| Armazenagem de componentes | 30 |
| Setup | 360 |
| <i>Picking Rampa</i> | 0 |
| <i>Picking armazém/talho componentes principais (CP)</i> | 200 |
| Validação CP | 300 |
| Abastecimento CP | 257 |
| <i>Picking armazém componentes suplentes (CS)</i> | 140 |
| Validação CS | 100 |
| Abastecimento CS | 77 |
| Total | 1844 |

Tabela 13: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 1569.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-------------------------|
| <i>Check list</i> | 369 |
| Armazenagem de componentes | 20 |
| Setup | 350 |
| <i>Picking Rampa</i> | 0 |
| <i>Picking armazém/talho componentes</i> | 220 |
| Validação | 350 |
| Abastecimento | 5 |
| Total | 1314 |

Redução do tempo total (referência 1569): 29%.

Tabela 14: Tempos obtidos considerando nove etapas para a referência 1055.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-------------------------|
| <i>Check list</i> | 720 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 200 |
| <i>Picking Rampa</i> | 345 |
| <i>Picking armazém/talho componentes principais (CP)</i> | 229 |
| Validação CP | 300 |
| Abastecimento CP | 257 |
| <i>Picking armazém componentes suplentes (CS)</i> | 140 |
| Validação CS | 120 |
| Abastecimento CS | 87 |
| Total | 2398 |

Tabela 15: Tempos obtidos considerando seis etapas para a referência 1055.

| Ações | Tempo (segundos) |
|--|-------------------------|
| <i>Check list</i> | 720 |
| Armazenagem de componentes | 0 |
| Setup | 200 |
| <i>Picking Rampa</i> | 122 |
| <i>Picking armazém/talho componentes</i> | 327 |
| Validação | 280 |
| Abastecimento | 7 |
| Total | 1656 |

Redução do tempo total (referência 1055): 31%

Fazendo uma média das quatro referências obtém-se uma redução do tempo total de aproximadamente 30%.